DIE

RHYTHMISCHEN

BEWEGUNGS-ERSCHEINUNGEN

DER

EINFACHSTEN ORGANISMEN

UND

IHR VERHALTEN

GEGEN

PHYSIKALISCHE AGENTIEN UND ARZNEIMITTEL.

VON

DR. M. J. ROSSBACH,
Privatdocent an der Universität Würzburg.

(Separat-Abdruck aus den Verh. der Würzburger physik.-med. Gesellschaft. N. F. II. Bd.)

Mit 2 Tafeln.

WÜRZBURG.
DRUCK UND VERLAG DER STAHEL'SCHEN BUCH- & KUNSTHANDLUNG.
1872.

Digitized by the Internet Archive
in 2015

https://archive.org/details/b22355017

Die Respirations- und Circulationsorgane der höheren Thiere gehorchen zu complicirten Bedingungen nervöser, mechanischer und chemischer Natur, als dass man an ihnen die *Grundursachen* der *rhythmischen Thätigkeit* leicht studiren könnte. Wir wissen daher so gut, wie gar Nichts über dieselben, ja sind nicht einmal im Stande, eine auch nur einigermassen entsprechende Hypothese über die Natur der hiebei stattfindenden Vorgänge aufstellen. Die Versuche, welche *Goltz, Traube, Thiry, Rosenthal* u. A. anstellten, vermogten nicht die eigentliche Natur des Reizes, die letzten Ursachen der fortwährenden Unterbrechung des Reizes, oder die Beschaffenheit der Angriffspunkte, an denen dieser Reiz wirkt, kennen zu lehren, und ergaben auch widersprechende Resultate.

Ich beschloss daher den Versuch zu wagen, ob auf vergleichend-physiologischem Wege durch Betrachtung der *einfachsten Verhältnisse* vielleicht der Schlüssel zur Lösung dieser complicirten Fragen zu gewinnen sei. Die Thiere, an denen bis jetzt zu diesem Behuf experimentirt wurde, entsprechen in keiner Weise diesem Postulate der grössten Einfachheit. Indem man statt des Menschen den Frosch, das Kaninchen, den Hund als Untersuchungsobject nahm, vertauschte man nur einen complicirten Mechanismus mit einem anderen complicirten; hinsichtlich der physiologisch-chemischen Forschung ist selbst der Frosch, welcher der physiologisch-physicalischen Forschung durch seine schematischen Verhältnisse manche Vortheile bietet, gerade so complicirt, wie der Mensch. Desshalb konnte man mit derartigen Untersuchungen nur eine detaillirtere Ausführung und genauere Festsetzung schon längst am Menschen bekannter Erscheinungen bringen, ohne sich der Frage nach den Endursachen einen einzigen Schritt zu nähern: eben weil man auf dem halben Wege stehen blieb und nicht gleich mit den einfachsten niedersten Organismen begann.

Aus ähnlichen Gründen lassen auch die Untersuchungen über die Einwirkung von verschiedenen Agentien auf solche complicirte Vorgänge

viel zu wünschen übrig. Auch die neuesten Untersuchungsmethoden ergaben nur die entfernteren Wirkungsweisen, die doch nur wieder Folgezustände der eigentlichen Wirkung sind. Von der Einsicht in diese letztere, also zum Beispiel, welcher Natur die Veränderungen im Rückenmark bei Strychnin-, im Nerv und Muskel bei Veratrinvergiftung sind, ist man noch so weit wie je entfernt.

Ich glaube auch in dieser Richtung durch vergleichende Untersuchung der niedersten Organismen einen Schritt vorwärts gekommen zu sein. So lange auf rein chemischem Wege kein Heil für die Aufklärung mancher Arzneimittelwirkung z. B. der Alcaloide zu hoffen ist, kann überhaupt ein solches Arzneimittel erst dann als möglichst genau erforscht gelten, wenn sein Verhalten zu allen hauptsächlichen Thierarten festgestellt ist; wie auch in der Chemie ein Körper erst dann als ganz genau charakterisirt gilt, wenn seine Reaction gegen alle anderen chemischen Körper gekannt ist.

„Es besteht aber eine innere Uebereinstimmung in der ganzen Reihe der lebendigen Erscheinungen und gerade die *niedrigsten Bildungen dienen uns oft als die Erklärungsmittel für die vollkommensten und am meisten zusammengesetzten Theile.* Denn gerade in dem Einfachen und Kleinen offenbart sich am deutlichsten das *Gesetz.*“ (*Virchow.*)

Ich wählte als Untersuchungsobject die *contractilen Blasen* der *Infusorien*, welche, wie wir sehen werden, in den meisten Fällen die grösste Regelmässigkeit in ihren rhythmisch auftretenden Contractionen zeigen, ganz bestimmten Gesetzen in ihrer Reaction gegen äussere Einflüsse gehorchen und doch, als Theile der einfachsten Organismen, nicht einmal eine eigene für sich bestehende Membran besitzen, sondern nur Zwischenräume im Protoplasma sind, also rhythmisch bewegte Organe darstellen, wie man sie sich füglich einfacher nicht mehr denken kann.

Dieselben haben auch gegenüber allen anderen Contractilitätsphänomenen, Flimmerbewegung nicht ausgenommen, den Vorzug verhältnissmässig leichtester Messbarkeit. Selbst bei stärkster Beschleunigung ist die Contractionsschnelligkeit nie so gross, dass man die einzelnen Contractionen nicht ganz leicht zählen könnte, ebenso sind die Vergrösserungen und Verkleinerungen der contractilen Blasen genau zu bestimmende Grössen. Bei der Flimmerbewegung ist es nothwendig, zur Ermittlung der Geschwindigkeit der Bewegung die Frequenz und Schwingungsweite der Flimmerhaare zugleich zu messen; *Engelmann*[1]) in seiner schönen Arbeit über

---

[1]) *Engelmann.* Ueber die Flimmerbewegung. Leipzig 1868. p. 21.

Flimmerbewegung sagt selbst, dass man dieser Forderung innerhalb weiter Grenzen nur ziemlich gut nachkommen könne; im normalen Zustande aber gar nicht, weil die Geschwindigkeit der Bewegungen so gross ist, dass man weder die Zahl der Schläge, noch die Excursionsweite auch nur annähernd messen kann.

So zahlreich die Untersuchungen über die Flimmerbewegungen an Epithelzellen, Samenkörperchen sind, so wenig Rücksicht hat man bis jetzt auf die Gesetze der Wimperbewegung bei den Infusorien genommen. Ich richtete desshalb meine Aufmerksamkeit auch auf diese Gebilde, indem ich namentlich die Reaction der ja immer gleichzeitig sichtbaren Bewegungsphänomene an *den contractilen Blasen* und an *den Wimpern* der Infusorien gegenüber der Einwirkung ein und desselben Mittels einer genauen vergleichenden Betrachtung unterwarf. Es dürfen daher die folgenden Untersuchungen auch als weitere Ergänzung angesehen werden zur Lehre von der *Contractilität* und *Flimmerbewegung.*

I.

Da trotz der überaus interessanten Fragen, die sich an die contractilen Blasen der Infusorien knüpfen, im Ganzen kein grosses Material zur Lösung derselben vorliegt, war es einerseits nöthig, die anatomischen und physiologischen Verhältnisse genauer zu studiren, und konnte es andererseits nicht fehlen, dass es im Verlauf der Unmasse von Beobachtungen, die ich zu machen gezwungen war, gelang, verschiedene noch unklare oder gar nicht gekannte Dinge in ein besseres Licht zu setzen oder aufzudecken.

Ich muss daher als Einleitung meine im Verlauf der Untersuchungen gewonnene Stellung zu den strittigen Hauptfragen fixiren.

1. Man ist über die Function dieser Gebilde noch nicht zu einheitlicher Anschauung gelangt. Sind dieselben Excretions-, oder sind es Circulationsorgane? Wenn die contractilen Blasen ihren Inhalt durch eine Oeffnung nach Aussen in die das Thier umgebende Flüssigkeit entleeren, sind sie ersteres, wenn nicht, können sie letzteres sein. Gewissenhafte Beobachtungen haben bis jetzt in manchen Fällen eine Entleerung nach Aussen nachgewiesen, in manchen nicht.

Die zuerst von *O. Schmidt*[2]) nachgewiesenen und von einer Reihe ausgezeichneter Forscher (*Leuckart, Carter, Leydig, Stein*) bestätigten *hellen Flecke* auf den *contractilen Blasen* von Cyrtostomum (Bursaria) leucas, Paramaecium aurelia, Glaucoma scintillans, Ophryoglena acuminata,

[2]) *Froriep*'s Notizen für Natur- und Heilkunde. III. Reihe. Bd. IX.

Nassula aurea, Acidophorus ornatus u. s. w.[3]) sprechen mit grösster Wahrscheinlichkeit für eine Entleerung nach Aussen; mit Gewissheit aber eigentlich nur bei Cyrtostomum leucas, wo auch *Stein* zweifellos in der Mitte der in stärkster Diastole befindlichen Blasen „eine überaus deutliche, scharf umschriebene, runde Oeffnung in der äusseren Körperwand wahrnahm, von der ein sehr kurzer Canal in den contractilen Behälter führt.“ Denn die meisten dieser Flecke machen auf das beobachtende Auge eben immer nur den Eindruck eines Fleckes und erst der räsonnirende oder analogisirende Verstand kann ihnen die Form einer Oeffnung oder eines Canals zuweisen. Von Trachelophyllum apiculatum giebt *Wrzesniowski*[4]) an, dass die contractile Blase bei ihrer Contraction ihren Inhalt in einen Canal presse, durch den auch die Excremente nach Aussen treten, wovon man sich leicht überzeugen könne, indem bei jeder Contraction des Behälters der Canal sich bedeutend erweitert und demnächst wieder verengt. *Stein* hatte schon früher dasselbe bei Plagiotoma cordiformis und blattarum, sowie bei Blepharisma lateritia gesehen. Auch nach den Beobachtungen von *Ray Lancaster*[5]) münden mit Wahrscheinlichkeit die contractilen Blasen der Opalinen und ächten Infusorien nach Aussen. Während dieselben bei der Diastole eine sphaeroidale Form besitzen, ziehen sie sich bei der Systole in der Art zusammen, dass ihr längster Durchmesser senkrecht auf der Cuticula aufsitzt.

Für diese Annahme einer Entleerung nach Aussen spricht ferner mit Wahrscheinlichkeit die bei vielen mit contractilen Blasen versehenen Organismen beobachtete Erscheinung, dass während und unmittelbar nach der Contraction der Blase absolut keine Spur der vorher vorhandenen Flüssigkeit etwa in Form kleiner Tröpfchen u. s. w. in dem umgebenden Protoplasma nachzuweisen ist, dass also alle Flüssigkeit aus dem Körper verschwindet, während vor und in der Diastole die sich sammelnden Tröpfchen, ihr Auftreten und Zusammenfliessen mit grösster Leichtigkeit gesehen werden kann. Für Paramaecium aurelia bestätigt *Schwalbe*[6]) die Angabe *Lieberkühn*'s, dass während der Vacuolensystole die geschwollenen spindelförmigen Radien nicht an Grösse zunehmen, dass also keine Flüssigkeit in dieselben wieder zurückgetrieben werden könne.

---

[3]) *Stein*: Der Organismus der Infusionsthiere. I. Abth. S. 87.

[4]) *M. Schultze*'s Archiv 1869. Bd. V. S. 33.

[5]) *Leuckart* und *Troschel*, Archiv für Naturgeschichte 1870. Jahrg. 36. Bd. I. pag. 366.

[6]) *M. Schultze*'s Archiv 1866. Bd. II. S. 354.

Ganz entscheidend sind eigentlich erst die Beobachtungen *Zenker*'s [7]), der bei Actinophrys Eichhornii deutlich wahrnahm, dass immer an ein und derselben Stelle der Blase bei der Systole ein Riss eintritt, dass beim Zusammenfallen der Blase die Ränder des Risses nach Aussen flattern und erst nach einiger Zeit „durch ungeformtes Protophasma" verklebt werden; ferner bei wimperhaarigen Infusorien z. B. bei Cyrtostomum leucas und Paramaecium aurelia, dass die hier constant vorhandene Oeffnung während der Diastole durch eine zähflüssige sehr feste Masse verklebt ist, und erst nach beiden Seiten auseinander reisst, ehe die Blase zusammenfällt; besonders aber bei Spirostomum ambiguum, „dass häufig schleimige Absonderungen aus der Körpersubstanz in den Hohlraum der dort sehr grossen pulsirenden Blase erfolgen und dann von dieser ausgestossen werden."

Ich bin in der Lage, die an Actinophrys von *Zenker* gemachte Beobachtung, welche bis jetzt von anderer Seite noch nicht wiederholt worden zu sein scheint [8]), an einer bei Würzburg vorkommenden *Amoebenart* zu bestätigen. Dieselbe charakterisirte sich durch ausserordentlichen Formenwechsel und ungemein rasche Beweglichkeit und haftete immer mit einem fussartigen hinteren Ende fest am Glase, so dass sie selbst durch stärkere Wasserströmchen nicht losgerissen wurde; sie war im Sommer immer mit einer Masse grösserer und kleinerer Körnchen vollgefressen, enthielt im Winter dagegen im Verhältniss zur Körpergrösse wenige runde stark lichtbrechende Körperchen und zeigte immer eine einzige, ziemlich grosse contractile Blase. Die Entleerung nach Aussen konnte sehr deutlich wahrgenommen werden, wenn die contractile Blase zufällig hart an den Rand des Thieres zu liegen kam, und die Entleerung nach der Seite und nicht in die Mitte, dem Beobachter entgegen, geschah. Sobald die Blase ihren grössten Durchmesser erreicht hatte, sah man, wie die seitliche äussere Wand aussserordentlich dünn wurde, endlich berstete; wie die auseinandergerissenen Enden durch den Druck der Flüssigkeit nach Aussen umgebogen wurden, und wie die innere Blasenwand, die Vacuole verkleinernd, immer mehr nach Aussen rückte. Sowie der letzte Rest der Flüssigkeit aus dem Körper hinausgedrückt

---

7) *Schultze*'s Archiv 1866. Bd. II. S. 332 u. ff.

8) *Lieberkühn* (Ueber Bewegungserscheinungen d. Zellen. Abdr. aus d. Schr. d. Ges. z. Bef. d. ges. Naturwiss. zu Marburg 1870. S. 39.) sagt, dass es ihm bisher noch nicht gelungen sei, die von *Zenker* beschriebene Oeffnung in dem contractilen Behälter von Actinophrys Eichhornii aufzufinden, mit Hilfe der Immersionslinse 11 von *Hartnack* habe er die contractile Blase zusammensinken, aber nicht einreissen sehen, dieselbe habe im zusammengefallnen Zustande vielmehr eine Hervortreibung mit einigen spitzen Fortsätzen gebildet. Zur sicheren Entscheidung der Frage habe das nöthige Material gefehlt.

also das Körperprotoplasma bis an den Riss vorgedrungen war, erschien das Thier durch Verschmelzen des Risses mit dem andrängenden Protoplasma wieder intact und nach allen Seiten geschlossen. Nur manchesmal trat nach Ausstossung des Tropfens eine stürmische Action ein; an der Entleerungsstelle wurde plötzlich ein heller runder Fortsatz hinausgesendet, der sich jedoch schnell wieder einzog, so dass das Thier seine gewöhnliche Bewegungen fortsetzen konnte. Der Inhalt der contractilen Blase wird bei dieser Amoebe eben gerade so ausgestossen, wie ein Fremdkörper, eine Bacillarie, ein Excrement; zwischen den beiden Vorgängen findet kein Unterschied statt und beide Vorgänge sind auch gleich leicht zu beobachten. Sehr häufig sieht man, dass die Entleerung der Blase durch ein mechanisches Moment mit veranlasst wird, dass z. B. ein grösserer Kern bei seiner Fortbewegung im Protoplasmastrom gegen die contractile Blase gedrängt wird, die runde Form derselben abplattet und, immer stärker angedrückt, den wässrigen Inhalt nach Zersprengung der dünnsten Stelle nach Aussen quetscht; auch ein Thier, das über die Oberfläche hinläuft, kann durch den gesetzten Reiz, Ursache der Entleerung werden. Am besten ist diess, wie gesagt, zu sehen, wenn die Entleerung nach der einen oder anderen Seite geschieht. Die contractile Blase verengert sich dann nicht concentrisch, sondern in excentrischer Figur. Die Entleerung geht theils langsam und allmählig vor sich, theils erfolgt sie plötzlich, so dass man deutlich wahrnimmt, wie auf einmal ein der Entleerung hinderlicher Widerstand aufgehoben wird. Geschieht die Entleerung nach oben oder unten (vom Auge des Beobachters aus), dann erscheint die Zusammenziehung concentrisch und kann Veranlassung zu Täuschungen werden. Nach Entleerung der Blase bemerkt man auch bei grösster Aufmerksamkeit keine Spur von Vacuolen im ganzen Thier; erst nach 10 Minuten tauchen meist im hinteren (Fuss) Ende des Thieres mehrere (3—5) sehr kleine Bläschen auf, welche mit der Protoplasmabewegung sich übereinander verschieben, hin und her, nach vorn und hinten getrieben werden, sich dabei fort und fort vergrössern, mit einander verschmelzen, bis sie oft erst nach $^1/_4$—$^1/_2$ Stunde eine einzige, grosse Vacuole bilden, die zwar auch noch fortbewegt wird, vorwiegend aber immer die Tendenz hat, am hinteren fussartigen Körperende zu bleiben, das sie oft in der Quere ganz ausfüllt. Ich habe diese Vorgänge etwa 50 mal so deutlich beobachtet, dass ich jeden Irrthum mit Sicherheit ausschliessen kann. (Taf. 1 Fig. 1—6.)

Ausser den Infusorien, bei welchen die Entleerung der Flüssigkeit nach Aussen entweder durch einen Riss oder ein Loch in der Wand der contractilen Blase selbst erfolgt, gibt es eine Reihe solcher, bei denen

die Flüssigkeit nicht unmittelbar aus der Blase nach aussen, sondern in einen längeren Canal hineingetrieben wird, so bei Stylonychia mytilus und pustulata. *Stein*[9]), welcher erstere beobachtete, sah nur, dass die contractile Blase, die keinerlei Mündung nach aussen besitzt, sich nach innen zusammenzieht, dass dann hinter derselben ein Flüssigkeitsstrang erscheint, der bis zur Afterstelle vorläuft und dann plötzlich verschwindet. Wohin die Flüssigkeit geht, hat er nie gesehen, so wenig wie ich bei Stylonychia pustulata, die ich tausendmal darauf hin untersucht. Im Körper allerdings ist keine Spur von der Flüssigkeit mehr zu finden, und es spricht gewiss auch noch das für eine Entleerung nach aussen, dass, wie hier die Flüssigkeit gegen den After getrieben wird, so diejenigen contractilen Blasen, die sich unmittelbar nach aussen entleeren, meist unmittelbar am After liegen. Auch kann man auf andere Art den Nachweis liefern, dass ausser dem vom Kopfende zu der contractilen Blase und von da zum After führenden Canal kein anderer, vielleicht zurückleitender mehr vorhanden ist. In verschiedenen, später näher zu betrachtenden pathologischen Zuständen machte ich bei Stylonychia pustulata stets die Wahrnehmung, dass im Verlauf der für gewöhnlich nicht sichtbaren Canäle an verschiedenen Stellen Erweiterungen eintraten, die sich im Beginn ebenfalls rhythmisch contrahirten, sich sodann immer mehr vergrössernd mit der eigentlichen contractilen Blase zusammenflossen und so eine im Verhältniss zur Grösse des Thieres mächtige neue Vacuole bildeten, die in constanter (meist Birn-) Form vom Kopfende an sich immer mehr erweiternd bis zum After reichte. Diese lähmungsartige Erweiterung trat oft auch in der Weise ein, dass sich die eigentliche contractile Blase immer mehr erweiterte und nach und nach das ganze Canalgebiet in diese Erweiterung mit hineinzog. Hätten die Canäle eine längere Ausdehnung, als vom Kopfe bis After, so hätten sie sich dadurch verrathen müssen, dass sich in ihrem Verlaufe Blasen gebildet, oder dass die riesige Dilatation der contractilen Blase auch ihr Gebiet mit hineingezogen hätte.

So wahrscheinlich aber auch für die Stylonychien ist, dass am After die Blasenflüssigkeit nach Aussen tritt, so können wir doch nicht läugnen, dass dieser Austritt selbst an ihnen noch nicht gesehen wurde. Dass wir uns nicht wundern dürfen, wenn wir das Ausstossen der klaren Flüssigkeit etwa durch eine Bewegung der in der Umgebung suspendirten Körnchen nicht angezeigt finden, hat *Zenker*[10]) klar

---

[9]) l. c. p. 89.

[10]) l. c. p. 333 u. 334.

und überzeugend dargethan. Allein *Stein* [11]), der doch eifriger Verfechter der Excretionstheorie ist, sah an vielen Exemplaren von Stylonychia pustulata aus einer bestimmten Localität, dass die contractile Blase mit einem dichten Gewimmel von vibrionidenartigen Fäden angefüllt war, dass dieselben bei der Systole durch eine kanalartige Lücke gegen den After hingetrieben wurden, in dessen Nähe sich gewöhnlich ein weiter Blasenraum mit dicht zusammengehäuften Fäden bildete; erwähnt aber nichts von einem Ausstossen solcher Fäden in die umgebende äussere Flüssigkeit, wie es *Zenker* bei Spirostomum beobachtete.

Bei den Vorticellen schliesst *Stein* [12]) die Entleerung der Blase in den Vorhof daraus, dass bei stark kuglich contrahirten Vorticellen in dem Momente, wo die Blase sich zusammenzieht, ein merkliches Anwachsen der Flüssigkeit im Vorhofe zu beobachten ist. Ich muss gestehen, dass es vielleicht kein täuschenderes Bild gibt, als dieses, und ich habe es sehr oft beobachtet. Mit dem Zusammenfallen der contractilen Blase geht die Erweiterung des Vorhofs so innig Hand in Hand, dass man das Ueberfliessen der Flüssigkeit zu sehen meint; und doch muss man sich gestehen, je länger man darauf achtet, dass diese alternirende Erweiterung des Vorhofs auch darauf beruhen kann, dass eben durch die Contraction die an der Wand des Vorhofs liegende contractile Blase schwindet und dass die Volumzunahme des Vorhofs nicht von Vermehrung der in ihm befindlichen Flüssigkeit, sondern von dem Hinausrücken der Vacuolenwand bedingt ist.

In den bis jetzt betrachteten Fällen ist also, wie wir sahen, *die Entleerung der contractilen Vacuolen sicher bewiesen, oder wenigstens sehr wahrscheinlich.*

Lieberkühn [13]) glaubt, dass wenigstens nach dem jetzigen Standpunkte unserer Kenntnisse eine Entleerung nach Aussen geradezu ausgeschlossen sei bei incystirten Infusorien, bei welchen rhytmisch sich contrahirende Blasen, aber keine äussere Oeffnung vorhanden sein könnte, da nach *Cohn* u. A. die Cysten der Infusorien allseitig geschlossene Behälter seien. Man müsse sonst zu der seltsamen Annahme seine Zuflucht nehmen, dass die contractilen Blasen bei der Einkapslung ihre Function ändern, oder auch, dass das Thier das Ausgeschiedene wieder aufnimmt. Bei der grossen contractilen Blase von Actinophrys sol z. B. müsste, wenn die contractile Blase sich nach Aussen entleerte, eine grosse Masse Flüssigkeit zwischen der Innenfläche

---

[11]) l. c. p. 90.
[12]) l. c. p. 91.
[13]) *Lieberkühn*, l. c. p. 39.

der Kapsel und dem Körper des Thieres sich ansammeln, wovon keine Spur wahrzunehmen sei. Wie wir später zeigen werden, pulsirt die contractile Blase nur so lange, als aus der Umgebung Sauerstoff aufgenommen werden kann, und hört die Pulsation bei totaler Entziehung des Sauerstoffs gänzlich auf, unter starker Dilatation der contractilen Blase. Daraus folgt, dass wenn in einem incystirten Infusorium die Pulsation der contractilen Blase fortdauert, fortwährend Sauerstoff von Aussen durch die Cystenwand hindurch eindringen muss; ohne Sauerstoff würde nicht allein augenblicklich die Pulsation, sondern auch das Leben und jede Weiterentwicklung des incystirten Thieres aufhören, was nicht der Fall ist. Sauerstoff kann aber nur mit dem umgebenden Wasser in die Cyste dringen. Wenn aber genug Wege vorhanden sind, um eine zu den Oxydationsvorgängen mit Sauerstoff reichlich genug beladene Wassermenge aufzunehmen, müssen auch Wege vorhanden sein, auf denen die Flüssigkeit wieder heraus kann. Ginge keine Flüssigkeit heraus, so könnte unmöglich Flüssigkeit hinein, weil sie keinen Platz mehr fände. Folglich muss es Wege für den Ein- und Austritt von Flüssigkeiten geben und wir sind durch diese Ueberlegung gezwungen, diese Wege mit derselben Sicherheit anzunehmen, wie wenn wir sie mit Augen gesehen hätten. Es ist wahrscheinlich, dass dieser Flüssigkeitsaustausch auf endosmotischem Wege vor sich geht; ich glaube nicht, dass etwas im Wege steht, diesen Process als ausreichend zu erachten, um selbst in noch kürzerer Zeit einen so minimalen Tropfen Wasser, wie er in der contractilen Blase sich findet, ausgebreitet in einer ungemein dünnen Schicht über die verhältnissmässig grosse Körperoberfläche, nach Aussen zu bringen.

Unter dieselben Gesichtspunkte fällt auch die Möglichkeit einer Pulsation der contractilen Blase bei gewissen einzelligen Algen.

2. Die Frage, ob die contractile Blase, sowie die zu- und abführenden Canäle eine eigene Membran besitzen oder nicht, darf man jetzt wohl so ziemlich als erledigt betrachten in Hinblick auf die Untersuchungen von *M. Schultze*[14]) und *Kühne*[15]) über das Verhalten der Oberfläche von Oel-, Eiweisstropfen u. s. w. bei ihrem Contact mit einer andern Flüssigkeit z. B. mit Wasser. *Wrzesniowski*[16]) hat auf diese Untersuchungen hin angenommen, dass, wie die protoplasmatische Randschicht z. B. der

---

[14]) *M. Schultze*: Das Protoplasma der Rhizopoden u. d. Pflanzenzellen. Leipzig 1863. p. 59—61.

[15]) *Kühne*, Untersuchungen über das Protoplasma u. die Contractilität. Leipzig 1864. pag. 35—62.

[16]) Beitrag zur Anatomie der Infusorien. *M. Schultze*'s Archiv. 1869 Bd. V. p. 55 u. ff.

Amoeben bei Berührung mit Wasser sich verdichtet, so auch das eine fremde Flüssigkeit im Innern des Infusorienkörpers umgebende Protoplasma, also in specie die nächste Umgebung der Vacuolenflüssigkeit ähnliche Veränderungen erleiden müsse, dass man mit einer Verdichtung des die Blasen begrenzenden Protoplasma ganz gut alle Verhältnisse erklären könne, welche anderen Beobachtern z. B. *Claparède* und *Lachmann* [17]) für eine eigene Membran zu sprechen schienen, wie das nicht Durchbrochenwerden durch fremde Körper, die bei vielen Thieren sich zeigende Constanz des Ortes der Vacuole und die gleichmässig kreisförmig fortschreitende Contraction. *Wrzesniowski* stützt sich dabei auf die von ihm, *v. Siebold, Stein* u. s. w. bei Infusorien mit stern- oder rosettenförmigem Wassercanalsystem gemachten Beobachtungen, dass die nach Entleerung sich bildende neue Vacuole nicht in dem Raum der vorigen, sondern nur in deren Nähe aus dem Zusammenfliessen von neugebildeten Tröpfchen sich ganz neu bildet, dass also jede neue Vacuole immer wieder eine neue Bildung ist. Er nimmt an, dass die während des Contactes mit der Flüssigkeit sich einstellende und als Verdichtung zu betrachtende Veränderung des Protoplasma nach Entfernen dieser fremdartigen Flüssigkeit sich immer wieder verliert, so dass zum Behuf einer neuen Vacuolen-Bildung die Flüssigkeit sich gleichsam immer wieder einen neuen Platz aushöhlen müsse, allerdings immer in derselben Gegend, in der sie das letzte Mal war.

Einen sichtbaren Wechsel zwischen Verdichtung und Verdünnung einer protoplasmatischen Randschicht, je nachdem sie von einer anderen Flüssigkeit genetzt werde, beobachtete ich sehr schön an einer Amoebe, die am meisten der unter dem Namen A. verrucosa (*Ehrenberg*) beschriebenen Form entspricht. Bei der Wichtigkeit obiger Erörterungen, und da bis jetzt die ganze Frage doch nur mehr theoretisch auch von *M. Schultze* und *Kühne* behandelt wurde, ist es jedenfalls hier am Platze, diese Erscheinung, die ich sehr oft und genau sah, näher zu beschreiben. Es erheben sich nämlich bei dieser Amoebe auf verschiedene Reize hin aus dem Körper Fortsätze, von ansehnlicher Grösse, welche ein bestimmtes Maximum erreichen, dann aber nicht mehr weiter wachsen, sondern gleich einer Wasserwelle an der anstossenden Oberfläche des eigenen Körpers hinfliessen und, indem sie dieses thun, gleichzeitig mit ihr verschmelzen. An der Bahn der aus dem Körperinnern in eine solche Welle stürzenden Körnchen sieht man deutlich, dass die hyaline Schicht der Welle

---

[17]) Claparède et Johannes Lachmann. Etudes sur les Infusoires et les Rhizopodes 1858—59 I. p. 44.

und des Körpers eine kurze Zeit, etwa 1 Secunde lang sich nicht mit einander mischen. Die Körnchen stürzen da in die Welle, wo ursprünglich der Fortsatz sich gebildet hatte und biegen dann erst in der Richtung um, welche die Welle genommen hat. Während dieses ersten Momentes sieht man deutlich an einer Schattirung, dass die ursprünglich äusserste Schicht, die jetzt aber von einer neuen Schicht, d. i. der Masse der Welle bedeckt ist, und in innigem Contact mit der letzteren steht, noch als starke und für die Körnchen undurchdringliche Zwischenwand existirt, um sich aber im zweiten Moment von oben nach unten fortschreitend zu lösen, so dass dann, wenn dieses geschehen, in der ganzen Wellenbreite Körnchen aus dem Innern in die Welle übergehen können. Es erhebt sich dann am untersten Theil der jetzt wieder verdünnten ehemaligen Randschicht ein neuer Fortsatz unter denselben Erscheinungen, so dass fortwährend Welle auf Welle rings um den Körper herumläuft.

Wo die contractile Blase aber keine eigene Membran besitzt, können unmöglich die zu- oder ableitenden Gefässe mit einer solchen versehen sein. Es folgt daher mit Nothwendigkeit, dass sich bei derartigen Organismen die Flüssigkeit von der Peripherie bis zum Ort der contractilen Blase ihre eigenen und daher immer neuen Wege bahne. Es folgt aber auch weiter (und ich möchte diess ganz besonders hervorheben, da bis jetzt von keiner Seite dieser Schluss gemacht wurde), dass, wo die Wand kein ständiges, sondern ein fortwährend entstehendes und verschwindendes Gebilde ist, auch in der Wand kein ständiges Gebilde vorkommen, dass also bei dem stern- oder rosettenförmigen Wassercanalsystem keine nach Aussen führende Oeffnung, geschweige ein Canal ständig bestehen kann. Hier kann nur eine Entleerung nach Aussen stattfinden, in der Weise, wie sie von *Zenker* bei Actinophrys und von mir bei Amoeba beobachtet wurde: Der helle Fleck über der contractilen Blase bedeutet eben nur die dünnste Stelle, die stets an demselben Platz einreisst, weil die Vernarbung des vorigen Risses immer die schwächlichste Stelle bleibt.

Die Infusorien, an denen *Wrzesniowski*, und vor ihm *v. Siebold*, *Stein* u. A. obiges Verhalten nachwiesen, sind hauptsächlich Enchelyodon faretus, Trachelophyllum apiculatum, Leionata fasciola, Blepharisma lateritium u. s. w. Ich bemerke, dass ich dasselbe ebenfalls sehr schön bei Euplotes charon beobachtet habe, dass ich es aber in dieser strengen Ausschliesslichkeit nicht für alle contractilen Blasen festhalten kann. Je nach der verschiedenen Beschaffenheit der Sarcode bei verschiedenen Thieren ist auch die Intensität und Dauer dieses Verdichtungsprocesses eine verschiedene. Wenn nicht zu starke Körneransammlung das Bild zu sehr trübte, habe ich bei Stylonychia pustulata stets und ausnahmslos

gesehen, dass die Stelle der contractilen Blase sichtbar blieb, auch wenn vollständige Entleerung eingetreten war. Die Contraction ihrer in der Mitte eines longitudinalen Canalsystems liegenden Blase geschieht nicht gleichmässig, concentrisch, sondern in der Art, dass die beiden Seitenwände gegen einander rücken und sich in einer Längslinie aneinander legen. Es bleibt diese Linie als ein dunkler, schattirter, verhältnissmässig breiter Strich sichtbar; ebenso hat die diese Linie begrenzende Sarcode ein ganz membranartiges Aussehen. Die contractile Blase macht hier ganz den Eindruck einer Zelle, bei der nach Entleerung des Inhalts die beiden einander gegenüberliegenden membranösen Zellenwände sich dicht aneinander legen. Die Flüssigkeit sammelt sich bei der auf die Systole folgenden Diastole nicht erst in der Umgebung, in einzelnen Tropfen, sondern immer ist auf einmal und ganz plötzlich an Stelle der dunklen Linie wieder eine helle mit Flüssigkeit gefüllte Vacuole sichtbar, die sich schnell von Neuem contrahirt. Ich habe oben bereits angegeben, dass eben bei Stylonychia pustulata bei eintretenden Störungen auch die zu- und ableitenden Canäle einer Dilatation mit unterliegen und stets dieselbe Figur zeigen, dass bei Einwirkung gewisser Agentien besonders im Verlauf des zuleitenden Canals immer an derselben Stelle eine zweite contractile Blase sich bildet mit denselben Eigenschaften und demselben Rhythmus, wie bei der Hauptvacuole. Es unterliegt nicht dem geringsten Zweifel, dass wir es hier sowohl für die Vacuole, wie für die Canäle mit einer etwas anders beschaffenen Wendung zu thun haben, als in den *Wrzesniowski*'schen u. s. w. Beobachtungen. Die Wandungen haben hier einen bleibenderen Character, die Flüssigkeit muss sich keine neuen Wege bei jeder Diastole graben und die diastolische Vacuole ist nicht als immer neues Gebilde zu betrachten. Wir haben es trotzdem mit keiner wirklichen Membran zu thun. Diess geht schon daraus hervor, dass, wenn mit einer Systole der contractilen Blase der Tod eintritt, die obenerwähnte Linie in kurzer Zeit verschwindet.

Wir müssen also contractile Blasen unterscheiden, deren begrenzende Sarcodeschicht nur geringgradig sich verdichtet und nach Entfernung der fremden Flüssigkeit sich rasch mit der anderen Sarcodeschicht ausgleicht; und solche, deren Wandung schon eine viel intensivere Verdichtung erfährt, so dass die Zeit zwischen Entleerung und beginnender Anfüllung nicht lange genug dauert, um, wenn ich so sagen darf, eine Lösung der dichteren Sarcode durch die weniger dichte des übrigen Körpers herbeizuführen. Die verschiedene Contractionsschnelligkeit ist desshalb wohl auch als theilweise ursächliches Moment dieses Unterschieds hervorzuheben; bei Euplotes Charon z. B. dessen Vacuolenwandung zur ersten (*Wrzes-*

nowski'schen) Categorie gehört, verlauft allerdings zwischen zwei Contractionen eine Zeit von durchschnittlich 30 Secunden; bei der Vacuole von Stylonychia pustulata, die ich zur zweiten Categorie rechne, nur ein Zeitraum von durchschnittlich 7 Secunden. Die chemische Beschaffenheit des Protoplasma ist und bleibt natürlich immer das wichtigste Moment zur Erklärung dieser Unterschiede.

Mit den Eigenschaften der grösseren Constanz, Festigkeit und Widerstandskraft verträgt sich auch die Constanz einer nach aussen führenden Oeffnung oder eines mit der Vacuole in Verbindung stehenden Canals.

II.

Bei den folgenden Untersuchungen über die Beeinflussung der contractilen Blase durch Temperatur, Gase, Säuren, Alcalien, Alcaloide, Electricität u. s. w. wurde nachstehende *Methode* beobachtet.

Vor Allem stellte sich die Nothwendigkeit heraus, sämmtliche Untersuchungen in einer heizbaren feuchten Kammer zu machen. Bei Ausbreitung des die Organismen enthaltenden Tropfens zwischen Objekt- und Deckglas würden zu grosse Fehlerquellen mit unterlaufen, von denen ich hauptsächlich den rasch eintretenden Sauerstoffmangel in der Mitte des Tropfens *(Schwalbe)*, die Druckerscheinungen und die gehemmte Beweglichkeit bei nur etwas grösseren Thieren hervorhebe. Schon in sehr kurzer Zeit sterben die mehr in der Mitte befindlichen Infusorien unter Quellungserscheinungen ab, und mit der durch Druck hervorgerufenen Unbeweglichkeit eines Thieres sind stets Unregelmässigkeiten in der Grösse, der Contractions-Schnelligkeit und -Dauer der contractilen Blase verbunden. Auch hätte man es nicht so leicht in seiner Hand, die Verdunstung des Tropfens aufzuhalten und damit eine immer gleiche Concentration der Flüssigkeit zu bewahren. Zudem sah ich sehr bald, nachdem ich den überaus wichtigen Einfluss der Temperatur, die durch Wärmeunterschiede bedingten ausserordentlichen Veränderungen der rhythmischen Schnelligkeit bei sonst gleichen Verhältnissen einmal kennen gelernt hatte, dass ich bei der Einwirkung aller Agentien ein Hauptaugenmerk auf die Temperaturen nehmen müsse, unter welchen die einzelnen Eingriffe geschehen, und dass bei Betrachtung der Wirkung eines jeden Stoffes festzusetzen sei, welche Veränderungen in der Wirkung die Temperaturunterschiede bedingen. Im Hinweis auf die zu bringenden Daten nehme ich keinen Anstand, alle Untersuchungen über Einwirkung von Arzneimitteln auf Beschleunigung oder Verlangsamung solcher rhythmischen Bewegungen, z. B. der Respiration und Herzthätigkeit, als mangelhaft zu bezeichnen, wenn die

Wärmegrade, unter denen die Versuche angestellt wurden, nicht berücksichtigt sind. Ich benützte daher die *Stricker*'sche heizbare und mit einem kleinen Thermometer verbundene Gaskammer, die wenigstens einen Theil der oben gestellten Postulate zu erfüllen gestattet. Die Fehlerquellen, die auch hier nicht zu vermeiden sind, betreffen hauptsächlich die Concentrationsconstanz des Tropfens. Bei niedrigeren Temperaturen hat dies allerdings gute Wege; bei höheren aber schlägt sich auf dem dem Innern der Gaskammer zugewendeten Tropfen der Dampf des auf dem Boden der Kammer befindlichen Wassers nieder und wirkt stark verdünnend auf die zu untersuchende Flüssigkeit; und wollte man aus diesem Grunde kein Wasser zum Feuchterhalten auf den Glasboden des Apparates bringen, würde umgekehrt das Objekt durch Verdampfung concentrirter. Ausserdem erhält man mit solchen kleinen heizbaren Objektischen nur *relativ* richtige Temperaturangaben, da durch seine nahe Nachbarschaft am Objectiv des immer kälteren Mikroskops das Deckgläschen und mit ihm der an seiner unteren Fläche hängende Tropfen eine viel stärkere Abkühlung erfährt, als alle übrigen Theile der geheizten Kammer. In Wirklichkeit ist desshalb die Temperatur des Präparates immer etwas niedriger, als die Thermometerzahlen anzeigen; und auch ich kann für letztere nur den Werth einer relativen Richtigkeit beanspruchen, die allerdings für meine Zwecke vollständig genügte. Ich versuchte eine Zeit lang eine grosse Wärmekammer, wie sie Herr Professor *J. Sachs* zu pflanzenphysiologischen Untersuchungen schon lange anwendet, bei der das ganze Mikroskop in der Kammer steht und die Temperaturgrade durch Erwärmen des zwischen den doppelten Wänden der Kammer befindlichen Wassers bedingt werden. Man erzielt damit eine grössere Sicherheit in der Bestimmung der Temperaturgrade des Präparates, da alle umliegenden Theile den gleichen Erwärmungsbedingungen unterliegen, also der Wärmeverlust durch Ausstrahlung vermieden wird, ferner eine grössere Constanz in der Wärmehöhe, während bei den kleinen Kammern fortwährende Schwankungen nicht zu vermeiden sind und ein und derselbe Temperaturgrad nur ganz kurze Zeit andauert Leider erwies sich in anderer Beziehung der *Sachs*'sche Apparat für derartige Untersuchungen, wie ich sie zu machen hatte, nicht so zweckentsprechend, wie für pflanzenphysiologische Arbeiten, bei denen man es gewöhnlich nicht mit so schnell hin- und herschiessenden, jeden Augenblick dem Gesicht entschwindenden Organismen zu thun hat, bei denen das Object nicht fortwährend verschoben werden muss, sondern lange Zeit ruhig liegen bleiben kann, so dass es nicht auf eine schnelle und leichte Handhabung des Präparates ankommt. Zudem hätten die nothwendigen Nebenapparate, die ich schlechterdings nie ent-

behren konnte, behufs Zuleitung von Gasen, Zusatz von Flüssigkeiten, Einwirkung elektrischer Ströme den an und für sich grossen Apparat zu vielfach complicirt; auch wären rasche und willkürliche Temperaturschwankungen nicht leicht zu effectuiren gewesen.

Dass ich bei den Kälteuntersuchungen, die meist in die Zeit des Sommers fielen, mit allen Kältemischungen und einer Masse Vorsichtsmassregeln (Abkühlung des Mikroskops, Auflegen von Eisstückchen auf den Objecttisch u. s. w.) nie ein tieferes Herabsteigen der Temperatur als auf + 4° C. zu Weg brachte, wird den nicht wundern, der schon öfter in der warmen Jahreszeit derartige Versuche gemacht hat. Aber selbst bei dieser gar nicht so niedrigen Temperatur wurde die Beobachtung des erkalteten Präparates fortwährend unterbrochen durch das Beschlagenwerden der äusseren Fläche des kalten Deckgläschens aus der wärmeren Zimmerluft. Diesem Uebelstand war nur durch Anwendnng der Immersion zu entgehen.

Was die angewendeten anderen Agentien anlangt, so bürgt mir für ihre chemische Reinheit die Freundlichkeit meines Collegen, des Herrn Privatdocenten der Chemie, Dr. *Hilger*, der mir auch die nöthigen Gasarten darstellte. Die Gase wurden entweder unmittelbar nach ihrer Erzeugung und Reinigung in die Gaskammer geleitet, oder in luftdichten Gasometern für die Versuche aufbewahrt. Die Alcaloide bezog ich zum Theil von *E. Merk* in Darmstadt und stellte mir die Normallösungen, sowie die Verdünnungen mit grösster Genauigkeit selbst her. Die Verdünnungen geschahen nicht mit destillirtem Wasser, wegen der auch hiedurch gegebenen Fehlerquellen, sondern immer mit demselben Quellwasser, das die Reservoire speiste, in denen die zu untersuchenden Infusorien lebten. Bei der Anwendung der flüssigen Agentien gebrauchte ich die Vorsicht, einen Tropfen derselben immer zuerst auf das Deckgläschen zu bringen, dann den die Organismen enthaltenden Tropfen diesem zuzusetzen, beide mit einem Glasstab durcheinander zu mischen, um sie erst nach tüchtiger Mischung in die Wärmekammer zu setzen. Denn wenn, wie gewöhnlich geschieht, eine Flüssigkeit an den Rand des Deckgläschens gebracht wird, so geht die Vertheilung und Mischung derselben mit dem unter dem Deckgläschen ausgebreiteten Tropfen äusserst unregelmässig vor sich durch ganz verschieden gerichtete Strömchen. Ein in der Nähe der Einführungsstelle befindliches Thier zeigt in Folge dessen gleich nach Einbringung des Mittels eine hochgradige Reaction, während ein etwas weiter entferntes eine nur schwache, ein am entgegengesetzten Rande befindliches noch nach 5—10 Minuten noch gar keine Einwirkung sehen lässt; ja oft wer-

den durch im Wege liegende grössere Körper die eindringenden Flüssigkeits-Strömchen in zwei und mehr Arme getheilt, zwischen denen Inseln von unberührter Flüssigkeit liegen mit normal bleibenden Organismen, bis nach und nach die einwirkende Flüssigkeit auch da hinein diffundirt. Ich wendete dieses fehlerhafte Verfahren daher nur dann an, wo es sich darum handelte, die augenblicklich nach Zusatz eintretende Reaction zu beobachten, wobei ich den gerügten Fehler noch dadurch zu meiden suchte, dass ich immer nur in unmittelbarer Nähe des eindringenden Tropfens befindliche Thiere zu beobachten suchte.

Die Hauptschwierigkeit, die sich im Anfang einer genauen Zählung der Contractionsfrequenz entgegenstellt, ist die ungemeine Unruhe der meisten hierauf zu untersuchenden Organismen und bei den Amoeben die ausserordentliche Veränderlichkeit der Körperformen, bei deren Wechsel oft dichte Körnerhaufen die contractile Blase dem beobachtenden Auge ganz verdecken. Doch in kurzer Zeit gelingt es durch fortgesetzte Uebung dieser Schwierigkeiten Herr zu werden; man findet in kurzer Zeit heraus, dass jedes Thier immer eigenartige Bewegungsrichtungen verfolgt und die das Object regierende Hand folgt bald unwillkürlich diesen Bewegungen. Im Allgemeinen ist allerdings eine grosse Geduld erforderlich; man muss unter Umständen immer wieder von vorn beginnen, bis einmal eine längere zusammenhängende Beobachtungsreihe gelingt. Ich machte die Zählungen in der Weise, dass ich die Schläge eines *Mälzel*'schen Metronoms, deren jeder den Abfluss einer Secunde andeutete, zählte, während ich mit dem Auge eine contractile Blase fixirend, den Bewegungen des Thieres folgte und das Hin- und Herschiessen der Thiere dadurch dem folgenden Auge verlangsamte, dass ich das bewegliche Objecttischchen mit beiden Händen regierend, immer den Bewegungen entgegengesetzt verschob.

Dem benützten *Gundlach*'schen Mikroskope setzte ich meist das Objectiv 5 ein unter häufigster Combination mit Ocular 2, seltener Ocular 1 und 3, so dass die meisten Beobachtungen bei einer Vergrösserung von 375 gemacht wurden. Unter Umständen wurde auch das Immersionssystem 7 mit Ocular 2 und 3 (Vergrösserung 835—1150) angewendet.

1. Rhythmisch und nicht rhythmisch sich contrahirende Blasen. — Einfluss der Temperatur auf die Bewegungen der Wimpern und der contractilen Blase der Infusorien.

Ueber den Rhythmus und die Contractionsschnelligkeit der contractilen Blasen findet man nur spärliche und kurze Notizen bei *Zenker*,

Schwalbe, Stein, Lieberkühn, Greeff. Lieberkühn[18]) unterscheidet schneller und langsamer, rhythmisch und nicht rhythmisch sich contrahirende Blasen, und rechnet zu den letzteren die der Schwammzellen, weissen Blutkörperchen, die der Actinophrys Eichhornii, einiger von *Greeff* beschriebenen Rhizopoden und Amoeben, die von Gromia oviformis u. s. w. Bei einem rhizopodenähnlichen Thiere sah er alle 2—3 Minuten erfolgende Contractionen. *Zenker*[19]) erwähnt von Amphileptus anser, dass dessen 10—50 contractile Blasen zwei Längsreihen bilden von einem Ende des Körpers bis zum andern, und dass déren Pulsationen einander abwechselnd von vorn nach hinten folgen. *Greeff*[20]) fand bei Amoeba terricola, dass der Zeitraum zwischen zwei Contractionen kein constanter zu sein scheine und 1 Minute nicht übersteigen möchte. *Stein*[21]) bemerkte, dass bei den im Meere lebenden Infusorien die Systole der contractilen Blasen auffallend langsamer und in längeren Zeitintervallen erfolgt, als bei den Süsswasserbewohnern. Am meisten nahm noch *Schwalbe*[22]) Rücksicht auf diese Verhältnisse. Er bemerkte, dass bei den verschiedenen Formen die einzelnen Zusammenziehungen nicht auf dieselbe Weise und mit derselben Geschwindigkeit stattfinden, dass die einen (Paramaecium aurelia, Chilodon, Vorticella) plötzlich und schnell, andere (Stentor, Spirostomum) sehr langsam, ja oft in Absätzen sich contrahiren. Er glaubte ferner constant zu finden, dass die Frequenz der Contractionen um so grösser sei, je kleiner die contractile Blase, und gibt an, dass bei Chilodon cucullulus ungefähr 13—14, bei Paramaecium aurelia 10—11, bei Vorticella microstoma nur 1—2 Contractionen in 120 Secunden erfolgen. Ausserdem gibt *Schwalbe* an, dass durch Sauerstoffentziehung eine Herabsetzung, durch Kohlensäurezuleitung eine anfängliche Vermehrung der Contractionen mit Abnahme des Blasendurchmessers eintrete (?). Indem ich ein Eingehen auf diese letzteren in dieses Capitel nicht gehörenden Verhältnisse auf später verschiebe, muss ich nur erwähnen, dass über die so wichtigen Beziehungen zur Temperatur keine einzige Beobachtung existirt. *Schwalbe* sagt nur im Allgemeinen, dass es ausser der verminderten Sauerstoffaufnahme noch andere Momente, z. B. bestimmte Temperaturgrade gebe, welche die Erregbarkeit herabsetzen; bei einer Epistylis sei bei 38° die Erregbarkeit bedeutend herabgesunken.

---

[18]) l. c. p. 21, 23, 37, 42.
[19]) l. c. p. 332.
[20]) *M. Schultze*'s Archiv Bd. 2. p. 310.
[21]) l. c. p. 91.
[22]) l. c. p. 361 und 362.

Ich suchte zuerst bei den *weissen Blutkörperchen* von Tritonen und vom Frosch, sodann bei Amoeben, ob sich doch nicht durch längere Beobachtungsreihen eine gewisse Regel in den Zeitabständen von einer Contraction zur andern finden lasse. Bei den weissen Blutkörperchen konnte ich aber unmittelbar, nachdem sie aus dem Körper genommen waren, nie contractile Blasen finden, obwohl ich selbst mit Immersion untersuchte [23]). Waren dieselben längere Zeit in der feuchten Kammer aufbewahrt, so traten in allen 3—6 grössere und kleinere wasserklare Blasen auf, die sich immer mehr vergrösserten, auch den Platz zu ändern schienen, aber nie eine Zusammenziehung sehen liessen. Es sind daher diese Blasen als einfache Absterbungs- und Aufquellungsphaenomene zu betrachten.

Bei zwei verschiedenen *Amoeben*formen, von denen die eine, wie oben (S. 5 u. 6) beschrieben, das Aufplatzen der contractilen Blase nach aussen sehr deutlich sehen liess, die andere der Amoeba verrucosa (*Ehrenberg*) am meisten entspricht, denen ich aber aus den schon von *Claparède* und *Lachmann* [24]) angegebenen Gründen keinen Namen geben will, wurde mir bald klar, dass hier von einer *regelmässig* rhythmischen Contraction in dem Sinn, wie ich sie bei anderen Organismen fand, keine Rede sei. Wie ich bereits mitgetheilt, ist das Andrängen eines Korns im Innern, der Reiz eines über die Amoebe hinlaufenden Thieres, Anstoss an einen in der Flüssigkeit befindlichen Körper im Stande, zu jeder Zeit die Entleerung einer neugebildeten Blase hervorzurufen. Tritt aber auch keine von diesen Gelegenheitsursachen ein, beobachtet man das Thier längere Zeit in unbelästigtem Zustande, so ergeben sich doch ausserordentliche Zeitdifferenzen zwischen den aufeinanderfolgenden Contractionen. Die zuerstgenannte Amoebe ergab, wenn man ihre contractile Blase ununterbrochen längere Zeit beobachtete, folgende Secundenzahlen für die Zeit von einer Contraction zur anderen:

(Temperatur 16° C.) 97. 86. 154. 70. 81. 115. 90.

Es gingen, wie man sieht, die Zahlen zwar nicht über ein Maximum von 154 und ein Minimum von 70; allein die Schwankungen sind im Verhältniss zu den unten zu betrachtenden mit ausserordentlicher Genauigkeit ihren Rhythmus einhaltenden contractilen Blasen denn doch zu gross, als dass nicht eine Unterscheidung gerechtfertigt wäre.

---

23) Nach mündlicher Mittheilung des Herrn Professor *Lieberkühn* sind die contractilen Blasen bei den weissen Blutkörperchen überhaupt keine constant zu findenden Gebilde.

24) l. c. p. 439.

Die grosse, in ihrer Grösse aber nicht constante contractile Blase von Amoeba verrucosa nähert sich, wenn sie ihre Vollendung erreicht hat, immer mehr dem Rande, meist am Fussende, und wird durch die andrängende Sarcode ausgequetscht. Ich konnte diesen Vorgang an dieser Form zwar nie so deutlich, wie an der anderen Species, aber doch häufig die nicht concentrisch, sondern unregelmässig nach der Seite hin erfolgende Zusammenziehung sehen. Die Entleerung war nicht immer eine vollständige; ziemlich oft verkleinerte sich nur die contractile Blase, so dass ein kleines Bläschen übrig blieb, welches sowohl durch eigenes Wachsthum, als durch Verschmelzung mit anderen neugebildeten Bläschen sich vergrösserte. Die Zwischenzeit zwischen zwei Contractionen war hier noch grösser; ich beobachtete einmal ein Maximum von 660 Secunden. Zwei andere Exemplare gaben zwischen je 2 aufeinanderfolgenden Contractionen folgende Secundenzahlen bei 16^0:

1) 149. 103. 233. 131. 118.
2) 100. 150. 135. 150.

Ein weiteres bei 20^0:

3) 73. 526. 351.

Grössere Zahlenreihen sind leider bei diesen Amoeben nicht zu erhalten, weil bei den verwickelten Bewegungen die Vacuole den Blicken oft entschwindet und erst, nachdem wahrscheinlich schon 3—4 Contractionen vorüber sind, wieder sichtbar wird; man muss hundertmal von vorn anfangen, bis man einmal das Glück hat, vier unmittelbar aufeinanderfolgende Contractionen zu sehen.

Ein Einfluss der Temperatur war aber auch bei diesen mehr regellosen Bewegungen nicht zu verkennen. Mit abnehmender Wärme werden die Zusammenziehungen durch immer längere Pausen von einander getrennt, bei $+ 5^0$ scheinen sie ganz aufhören zu wollen. Bei über 25^0 hinausgehender Temperatur wird nicht allein das ganze Thier, sondern auch die Vacuole kleiner; gegen 40^0 hin werden die Vacuolen wieder grösser, contrahiren sich aber auch bei wieder sinkender Temperatur nicht mehr (ein Zeichen des bei 40^0 eingetretenen Todes der Amoebe).

Für *die rhythmisch sich contrahirenden Blasen* wählte ich mir Repraesentanten aller Haupttypen derselben, und zwar von *Euplotes charon*, *Stylonychia pustulata* und *Chilodon cucullulus* (*Stein*), um sicher zu eruiren, ob alle, wenn auch verschieden in ihrer Anlage, ihrer Grösse,

Zahl u. s. w. dennoch denselben physiologischen Grundgesetzen gehorchen.

Euplotes charon besitzt *eine einzige,* sehr *grosse*, sich sehr *langsam contrahirende,* in *langen Zeitabständen pulsirende* contractile Blase mit *rosettenförmigem* Canalsystem und höchst *geringgradig verdichteten* Wandungen;

Stylonychia pustulata besitzt *eine einzige, mittelgrosse,* ziemlich *rasch sich contrahirende* und *pulsirende* contractile Blase mit *longitudinalem* Canalsystem, *sehr verdichteten* und daher von einer Contraction zur anderen sichtbar bleibenden Wandungen;

Chilodon cucullulus dagegen besitzt eine *wechselnde Zahl* (3—5) kleiner, *sehr schnell* sich contrahirender und pulsirender contractilen Blasen mit *sternförmigem* Canalsystem und *rasch vergänglichen Wandungen.*

Die contractilen Blasen der beiden erst erwähnten sind bereits in der Einleitung ausführlicher beschrieben; für Chilodon habe ich Folgendes nachzutragen. Weder die Zahl noch die Lage und Grösse der contractilen Blasen ist bei allen Individuen dieser Art dieselbe, wohl aber bei einem und demselben Thier. Bei den meisten der von mir untersuchten waren zwei grössere contractile Blasen seitlich, die eine rechts hinter, die andere links vor dem nucleus, immer deutlich zu sehen; ausserdem noch drei viel kleinere. Die grösseren alternirten in ihren Bewegungen; die Systole der einen erfolgte regelmässig eine Secunde nach der Systole der andern. Unter gewissem Winkel gesehen, zeichnen sich die Blasen durch ihre hellröthliche Farbe vor der weissgrauen Färbung des übrigen Körpers aus; in diesem Fall sind sie immer leicht zu beobachten, und die Contractionen leicht zu zählen. Wegen ihrer ungemein hin- und herzuckenden Bewegungen geht aber das Licht jeden Augenblick in einem andern Winkel durch den Körper, so dass diese röthliche Färbung fortwährend verschwindet, und die kleinen, dem übrigen Körper gleichfarbig gewordenen contractilen Blasen gar nicht mehr zu sehen sind. Man kann daher nur mit grösster Geduld eine, längere Zeit nicht unterbrochene Contractionsreihe zählen, die Art und Weise der Zusammenziehung aber nur an ruhig gewordenen Thieren sich veranschaulichen. Am besten breitet man zu letzterem Behuf einen Tropfen Wasser, der diese Thierchen enthält, zwischen Objektträger und Deckglas aus und nimmt auf die nur in der Mitte befindlichen Rücksicht, wo, wie ich schon mehrmals erwähnt habe, durch eintretenden Sauerstoffmangel die Bewegung des Thieres rasch sich verlangsamt und bald ganz erlischt. Man sieht dann sowohl bei

diastolisch vorhandener, wie bei systolisch verschwundener contractiler Blase rings um den Platz, den die contractile Blase einnimmt oder einnahm, 5—10 ganz kleine, helle runde Tröpfchen, die selten zur Bildung der Blase beizutragen (wenigstens konnte ich nie ein Zusammenfliessen derselben wahrnehmen), sondern bei der Diastole wie Systole in gleicher Zahl und Grösse zu verharren schienen. Immer kurze Zeit, nachdem die contractile Blase verschwunden war, erschien sie plötzlich wieder zwischen diesem Blasenkranz, vergrösserte sich, um bald wieder zu verschwinden. Ausserdem erlitt die contractile Blase bei allen Exemplaren ohne Ausnahme eine ganz merkwürdige Ortsveränderung, die bis jetzt noch nie wahrgenommen oder beschrieben wurde und die ich selbst auch nur bei Chilodon beobachtete. Am Ende der Diastole nämlich, in dem Moment, wo die contractile Blase ihre volle Grösse erreicht hat, macht sie eine rasche zuckende Bewegung gegen die Mitte des Körpers, wodurch eine allerdings minimale Veränderung des Platzes entsteht. Nun erfolgt mit Blitzesschnelle die Contraction, und zwar nicht concentrisch gleichmässig, sondern so, dass von der Seite, wohin unmittelbar vorher die Blase gezuckt war, die Protoplasmamasse in das Lumen der Blase vordringt, sich vorschiebt, und die Blase entleert, indem sie bis an die gegenüberliegende Wand anquillt. Die ganze Bewegung kann man einigermassen veranschaulichen durch das Bild der Her- und Hinbewegung eines Kolbens in einem Cylinder.

Wenn nun diese drei Organismen unter vollkommen normalen Bedingungen (siehe oben) dem Einfluss verschiedener Temperaturen unterworfen wurden, so zeigten sich überraschend gleichmässige Reactionen und zwar sowohl hinsichtlich der *allgemeinen Körper-(Flimmer)bewegungen,* wie des *Spieles der contractilen Blase.*

Ich umgehe die Betrachtung der durch Temperaturunterschiede bedingten Veränderungen in dem allgemeinen Bewegungsmodus der Infusorien um so weniger, als, so zahlreich die Untersuchungen über den Wärmeeinfluss auf die Flimmerbewegungen an Epithelzellen sind, die Wimperbewegung der Infusorien in dieser Beziehung beinahe keine Beachtung gefunden hat.

Stein[25]) verwirft die *Ehrenberg*'sche[26]) Aufstellung von 4 verschiedenartigen Bewegungsorganen (Wimpern, Borsten, Griffel, Hacken) und hält die verschiedenen Formen nur für Modificationen eines und desselben Organes, der Wimpern. Mit Recht widerspricht er auch der Behauptung

---

[25]) l. c. I. p. 70.

[26]) Die Infusionsthierchen etc. 1838. p. 363.

Ehrenbergs, dass nur die sogenannten Wimpern, nicht aber Hacken, Griffel und Borsten in die sogenannte wirbelnde Bewegung gerathen könnten. Auch nach meinen Beobachtungen können *alle* wimperartigen Bewegungsorgane der Infusorien in eine schnelle wirbelnde Bewegung (ähnlich der Flimmerbewegung des Flimmerepithels) gebracht werden, und zwar kann diese Bewegung willkührlich begonnen und willkührlich sistirt werden; es können auch von den reihenweise angeordneten z. B. von den adoralen Wimpern einzelne sich bewegen, während die meisten stille stehen u. s. w.

Die Bewegung einer jeden Infusorienart hat je nach Anordnung, Grösse, Zahl, Beschaffenheit der Wimpern einen ganz bestimmten und sie von andern Arten unterscheidenden Character, sowohl was Schnelligkeit, als was Richtung und Körperhaltung anlangt. Euplotes Charon schwimmt meist in kurzen Strecken hin und her, sich in derselben Fläche um einen viertel oder halben Kreisbogen drehend, macht selten weitere Excursionen in Einer Richtung, und hält alle Augenblicke an, sowohl in freier Flüssigkeit, als auch an Fremdkörpern. Um zerfallene andere Infusorien sammeln sich oft bei 12 Stück an, um an ihnen mit ihren Bauchwimpern, welche sie rechtwinklig vom Körper abstreckend ganz wie Füsse benützen, herumzuklettern. Oft laufen alle um einen solchen Nahrungsballen in derselben Richtung rings herum, so dass sie denselben in einer der ihrigen entgegengesetzten Richtung mit ihren Füssen herumtreiben. Oft machen sie halt, indem sie sich mit ihren Füssen an einem Körper fixiren, und peitschen mit ihren adoralen Wimpern die Flüssigkeit heran und rund um den Körper herum. — Die Bewegungen der viel grösseren und schlankeren Stylonychien haben mit denen von Euplotes sehr viel Aehnlichkeit, sowohl was das Hin- und Herschiessen, als was das Klettern, Ruhen anlangt; nur sind die Bewegungen der Stylonychien rascher, weitgehender und gleichförmiger, mehr schiessend. — Chilodon cucullulus hat eine viel langsamere Beweglichkeit, wobei das vordere Ende immer nach rechts und links wackelt und die Seiten sich abwechselnd heben und senken. Drehungen um die Längsaxe sind selten. In Bauch- wie Rückenlage aber schwimmen alle drei Arten gleich geläufig.

Der Einfluss der Temperatur erstreckt sich nun nicht allein auf die *Schnelligkeit* und *Kraft* der Wimperbewegung im Allgemeinen (für diese haben wir ein genaues Maass in der Grösse der Ortsveränderung während einer gewissen Zeit), und auf die *Form* der Bewegung, sondern was am merkwürdigsten ist und bis jetzt noch nicht beobachtet wurde, theilweise auch *auf die Möglichkeit und Unmöglichkeit willkührliche Bewegungen auszuführen.* Verschiedenen Wärmegraden gegenüber ergeben sich folgende Bewegungsunterschiede.

1) Je tiefer die Temperatur unter 15° C. sinkt, eine um so grössere Trägheit der willkührlichen Bewegungen stellt sich ein. Bei 4° stehen die Thiere meist ruhig da, die Ruhe nur hie und da durch kleine Excursionen unterbrechend. Auch die wirbelnde Bewegung z. B. der adoralen Wimpern ist bedeutend verlangsamt, was man an der geringen Schnelligkeit der im Wimperwasserwirbel fortgerissenen Körnchen leicht erkennt.

2) Innerhalb einer Temperatur von 15—25° bewegt sich während des Sommers das normale Leben der Infusorien. Die innerhalb dieser Temperaturgrenzen stattfindenden Bewegungen sind es, die ich als *Norm* beschrieben habe. Die Schnelligkeit der Bewegungen steigt hier mit zunehmender Temperatur, wenn auch nicht in besonders auffallender Weise. Erst mit 25° beginnen mit einem Schlag, beinahe wie auf Commando, Euplotes, wie Stylonychia und Chilodon *pfeilschnell hin- und herzuschiessen,* allerdings immer noch in den characteristischen normalen Bewegungsformen, mit hie und da eintretenden kurzen Ruhepausen, gerade genügend, um an den contractilen Blasen die Zeitdauer von einer Contraction zur andern zu messen.

3) Zwischen 30—35° werden die ohnehin schon raschen Bewegungen zu immer grösserer Schnelligkeit gesteigert; aber die Bewegungen selbst verlieren ihren früheren Character gänzlich und erleiden eine eigenthümliche und merkwürdige Störung. Sie *verlieren* namentlich *das Vermögen, sich zu steuern*; in schnell und unaufhörlich um die Längsaxe gehenden Rotationen schiessen die Thiere meist in grossen Bogenlinien dahin, und werden aus dieser Richtung nur durch in ihrem Wege liegende Hindernisse gebracht. Wimpern, Hacken, Borsten führen eine gleichartige, gleichschnelle, rhythmisch-peitschende Bewegung aus, und die allgemeine Körperbewegung resultirt nicht mehr aus willkührlich theils unbewegt gehaltenen, theils bewegten Wimpern u. s. w., sondern, da alle Bewegungsorgane dieselbe Bewegung haben, nur noch aus der anatomischen Anordnung und Stellung der flimmernden Fortsätze. Das Thier fliegt dahin, wie ein um seine Längsaxe rotirender Pfeil, immer in der Richtung dieser Längsaxe. Diese *fortschreitenden Drehbewegungen*, wie ich sie von jetzt an nennen will, sind so rasch, dass man den Körper nicht mehr flächenhaft, sondern wie stereoscopisch sieht; er macht dann den Eindruck einer gewissen Starrheit.

Wenn die Temperatur immer noch mehr steigt und sich 40° nähert, beginnt endlich die *fortschreitende* Bewegung sich immer mehr zu verlangsamen, hört endlich ganz auf, während die *Rotation* in zunächst unverminderter Schnelligkeit fortdauert. Diese Rotation geht aber meist um eine andere Achse vor sich, als vorher, wo noch fortschreitende Bewegung

mit verbunden war; bei Stylonychia z. B. zieht sich die Achse der rotirenden Bewegung von links vorn nach rechts hinten. Es sieht die Bewegung jetzt aus, als ob sich Stylonychia fortwährend über ihr Kopfende schräg überpurzelte. Oefters aber dreht sich das Thier weder um die Längs- noch um die Querachse, sondern um den Punkt, an dem sich diese beiden Achsen schneiden, und rotirt in einer horizontalen Ebene um diesen fixen Punkt, wie ein schnell schwingendes Rad. Diese ebenfalls im Beginn schnellen Rotationen werden mit immer weiter steigender Temperatur wieder langsamer und hören erst mit dem Absterben auf.

Wie bei Stylonychia treten diese überaus characteristischen Bewegungen auch bei Euplotes, Chilodon und einer Menge anderer Infusorien fast unter den gleich hohen Temperaturgraden ausnahmslos auf und sind nicht zu verkennen.

4) Wie gesagt hören die rotirenden Drehbewegungen zwischen 38—42° erst auf in demselben Moment, wo die Thiere sich auflösen; bei Stylonychia und Euplotes nimmt man sogar oft wahr, dass der Körper zur Hälfte bereits aufgelöst und auseinander gefallen ist, und die vordere Hälfte noch fortrotirt, bis auch sie nach wenigen Secunden zerfällt. Todtenstarre Exemplare sieht man selten bei diesen Infusorien; die meisten zerfliessen; nur die Chilodon sind formbeständig und behalten nach dem Tode ihre Form lange bei. Jedenfalls ist es mir bei den Infusorien nicht gelungen, Wärmetetanus, Wärmestarre, Todtenstarre in characteristischer Erscheinung und in der regelmässigen Reihenfolge hinter einander zu beobachten, wie *Kühne* bei Amoeba, Actinophrys, *Engelmann* bei Flimmerepithel u. s. w. Besonders auffallend muss die rasche Auflösung, der Zerfall der genannten Infusorienkörper erscheinen, die zerfallend noch Bewegungsphaenomene zeigen. Die Infusoriensubstanz erschien noch längere Zeit nach der Auflösung klar, durchsichtig, um erst später Gerinnungserscheinungen darzubieten. Sowie letztere eintraten, hörte die vorher bestehende Molekularbewegung auf; die vorher helle Masse erschien getrübt, gelblich.

Die Regelmässigkeit im Rhythmus der contractilen Blasen und die ausserordentliche Empfindlichkeit derselben gegen Temperaturunterschiede ist erstaunlich.

Die ungemeine Regelmässigkeit und Gesetzmässigkeit erscheint um so eklatanter, wenn man bei Betrachtung der später zu bringenden Belege bedenkt, dass die von mir angegebenen Zahlen nicht die minütliche Contractionsfrequenz, sondern die Secundenzahl von einer Contraction zur anderen bedeuten; und wenn man erfährt, dass es gleichgültig ist, ob man die Zählung an einem und demselben Exemplar einer Species, oder an

mehreren Exemplaren vornimmt. An allen Exemplaren derselben Species erhält man immer und ohne Ausnahme dieselben Zahlen.

Wenn bei ein und derselben Temperatur bisweilen die Secundenzahlen um 1 differiren, kommt dies meist nur daher, dass die Systole häufig nicht mit dem Schlage des Metronoms zusammenfällt, sondern z. B. $^1/_2$ Secunde vorher eintritt. Zählt man nun die ganze Secunde mit, so wird die darauf folgende Contraction um 1 Secunde rascher einzutreten scheinen. 11. 10. 11. 10. Secunden bedeuten daher in Wirklichkeit $10^1/_2$. $10^1/_2$. $10^1/_2$. $10^1/_2$ Secunden.

Ferner ist eine geringe Ungleichheit der Zahlen noch dadurch bedingt, dass die Wärmegrade nicht in scharfen Absätzen ansteigen, sondern in unmerklichen Uebergängen. Es wird daher die Secundenzahl am Ende eines Temperaturgrades schon die Secundenzahl für eine um $^3/_4{}^0$ höhere Temperatur anzeigen. Auch konnte in manchen Fällen wegen sehr rascher Temperatursteigung die Secundenzahl nicht einmal von Grad zu Grad gezählt werden.

Es ergaben sich folgende Gesetze:

1. *Die Schnelligkeit der rhythmischen Bewegungen der contractilen Blase hängt mit der Temperatur des Körpers auf das engste zusammen, so dass ein und dieselbe Thierspecies in normalen Verhältnissen bei gleicher Temperatur immer die gleiche Zahl von Contractionen hat.*

Aus der Zahl der rhythmischen Contractionen kann man daher einen sicheren Rückschluss auf den augenblicklichen Temperaturgrad machen. Ein auf diese Verhältnisse untersuchtes Infusorium kann für die Folgezeit als Thermometer der Flüssigkeit dienen, in der es lebt.

Die Wärme hat also einen ganz bestimmten Einfluss auf die Intensität des Processes, durch den eine rhythmische Thätigkeit zu Stande kommt.

2. *Von 4^0 C. an aufwärts bis zu 30^0 nimmt die Schnelligkeit der rhythmischen Bewegung immer zu.*

3. *Die Beschleunigung ist eine stärkere bei von $4—15^0$, als bei von $15—30^0$ ansteigender Temperatur.*

Es setzt also eine unter 15^0 herabgehende Temperatur die Zahl der rhythmischen Contractionen in viel höherem Maasse herab, als eine Temperatur über 15^0 sie vermehrt[27]).

---

[27]) Siehe die in der Kälte steiler ansteigenden Curven.

4. Von einem bestimmten hohen Temperaturgrade an (30—35°) findet keine Beschleunigung der rhythmischen Thätigkeit mehr statt. Dieser Temperaturgrad liegt um so niedriger, je grösser die Schnelligkeit des Rhythmus schon bei niederer Temperatur war [28]).

5. Langsamere rhythmische Bewegung erfährt durch Temperatursteigerung die stärkere, schnellere rhythmische Bewegung die geringere Beschleunigung; d. i. die Schnelligkeit einer rasch rhythmischen Bewegung wird durch Temperaturunterschiede viel weniger alterirt, als die einer langsam rhythmischen Bewegung. Bei keinem Infusorium konnten durch Temperatursteigerung mehr als 20 Contractionen per Minute (Vorticella) erregt werden.

6. Bei einer Temperatur unter 0° und über 42° hört mit dem Leben des ganzen Körpers auch die rhythmische Thätigkeit auf.

7. Es bleibt sich für die Contractionszahl gleich, ob ein Temperaturgrad längere oder kürzere Zeit eingewirkt hat, ob die Temperatur langsam oder rasch in die Höhe getrieben wurde. Ein und dieselbe Temperatur, ob sie 1 Minute oder $^1/_2$ Tag einwirkt, ist immer von ein- und derselben Contractionsfrequenz der contractilen Blasen begleitet. Eine Ausnahme hievon machen nur die höchsten Temperaturen, in denen das Thier zur Noth noch leben kann; hier nimmt mit zunehmender Zeit die Contractionsfrequenz ab.

* * *

Als Belege für die Richtigkeit dieser Gesetze lasse ich aus meinen Beobachtungsreihen folgende Tabellen und Curven folgen.

---

28) Vergleiche die Curven von Chilodon, Stylonychia, Euplotes. Nur bei einer Vorticelle war es mir möglich, auch bei einer Temperatur über 30° die Contractionen der Blase zu beobachten. Bei dieser fiel die Contractions-Schnelligkeit wieder, wenn die Temperatur über 30° gesteigert wurde.

I. Tabelle.

Euplotes Charon in der gewohnten Flüssigkeit, und in einem an der unteren Fläche des heizbaren Objekttisch-Deckgläschens frei schwebendem Tropfen. Theils langsamere, theils raschere Temperatursteigerung.

Temperatur	Zeitdauer (Secundenzahl) von einer Contraction zur anderen.	Mittel.	Bemerkungen.
5° C.	61. 63. 60.	61 1/3	Allgemeine Körperbewegungen äusserst langsam, viele und lange Ruhepausen. Die Dauer jeder einzelnen Contraction, also die Zeit vom Beginn der Zusammenziehung bis zum Augenblick des vollständigen Verschwindens ist bei 5° = 9 Secunden.
10°	48. 48. 48.	48	
11°	44. 46. 45. 44. 44.	44 3/5	
12°	43. 43. 43.	43	
13°	40. 39. 37. 40. 39. 37.	38 1/4	
15°	33. 32. 32. 32. 33. 31. 30. 32. 32.	31 8/9	Die Dauer jeder einzelnen Contraction bei 15° ist 13 Secunden. Von dem Moment des vollständigen Verschwindens der c. Bl. bis zum ersten Auftauchen der kleinen Bläschen vergehen 8 Secunden; nach 18 Sec. ist die Blase schon sehr gross, aber unregelmässig umrandet; von 22ter Secunde erfolgt allmälige Abrundung.
16°	31. 32. 33. 31. 31. 32.	31 6/9	
17°	31. 31.	31	
18°	30.	30	
20°	28. 28.	28	
21°	27.	27	
22°	26. 26.	26	
23°	25. 25. 25.	25	
24°	24. 23. 23. 23. 24. 23	23 3/9	
27°	22.	22	Bei 25° beginnt die schnellere Bewegung des Körpers.
28°	23.	23	Mit 28° schiesst das Thier mit einer solchen Lebhaftigkeit in der Flüssigkeit umher, dass eine sichere Zählung unmöglich ist. Von 30° hört überhaupt jede Möglichkeit, zu zählen, auf.
30°	21. 23. 24. 24. 23.	23	

Ich steigerte die Temperatur bis auf 35°, liess sie dann wieder rasch sinken und erhielt jetzt für die absteigenden höheren Temperaturen grössere Zahlen, als für dieselben vorhin aufsteigenden Temperaturen. Jedenfalls trug die vorausgehende starke Hitze zu einer Erschöpfung des Thieres und damit zu einer Herabsetzung der Intensität des rhythmischen Processes bei. Erst nachdem die Temperatur bis auf 20° herabgesunken war, trat wieder die normale Contractionszahl ein.

Absteigende Temperatur.	Secundenzahl v. e. Contr. z. and.
25°	36.
23°	32. 28.
22°	29. 30. 30. 29. 29.
21°	29. 27. 28. 27.
20°	28. 29. 27. 27.

Ich liess nun dasselbe Präparat 1 Stunde in der Temp. von 20° liegen, erwärmte dann wieder und erhielt

Aufsteigende Temperatur	Secundenzahl v. e. Contr. z. and.
22°	26. 26. 26.
24°	25.
26°	22.
28°	21.

Ein im Beginn der Theilung begriffener Euplotes mit 2 contractilen Blasen zeigte an denselben einen regelmässig alternirenden Rhythmus, und zwar contrahirte sich zuerst die hintere, und immer 20 Secunden darauf die vordere.

* * *

II. Tabelle.

Stylonychia pustulata unter denselben Verhältnissen, wie Euplotes.

Temperatur	Zeit-Dauer (Secunden-Zahl) zwischen je zwei Contractionen.	
4° C.	19. 19. 17.	
5°	18. 18.	
6°	16. 16. 16.	
7°	15. 15. 15. 15. 15.	
10°	14. 14. 14.	In einem anderen Tropfen werden nicht 1, sondern viele Exemplare durcheinander gezählt, dabei wird die Temperatur rascher gesteigert.
15°	11. 10. 11. 10. 9. 10. 10. 9. 9.	
16°	10. 9. 9. 10. 9.	8. 9. 9. 9. 10. 10. 8. 8. 8.
17°	. . . . .	8. 8. 7. 8. 8.
18°	9. 8. 8.	
19°	. . . . .	7. 7. 8. 7. 8.
20°	8.	6. 6. 7. 6.
21°	. . . . .	6. 6. 6. Es beginnt jetzt schon grosse Unruhe.
23°	7. 7. 7. 7. 7. 7.	
24°	6. 6. 6.	6. 7. 7. 7. 7. 7. 6. — Temperatur wird längere Zeit auf 25° gehalten.
25°	6. 5. 6. 6. 5. 6. 6. 5. 5. . .	5. 7. 5. 5. 5. 6. 6. 5. 5. 5. 5. 5. 5. 5. 5. 5. 6. 6. 6. 5. 5. 5. 4. 5. 5. 5. 5.
26°	5. 5. 5. 5. 5.	5. 5. 5. 5. 5. 5.
27°	5. 5. 5. 5. 5. 5.	5. 4. 4. 4. 5. 4. 5. 4. 5. 5. 4. 5. 4. 5. 4. 4
28°	5. 6. 6. 5. 5. 5.	4. 5. 5. 4. 5.
29°	5. 4. 4. 4. 5. 4.	4. 4. 4. 5.
31°	4. 4. 4. 4. 4.	
	Wegen zu grosser Schnelligkeit der Thiere sind die Bl.-Contractionen nicht mehr weiter zählbar.	

Als Beispiel, dass dieselben Zahlen zu finden sind, gleichviel ob die Thiere stundenlang in derselben Temperatur leben, oder ob sie, wie oben, immer nur kurze Zeit in Einer Temperatur verweilen, stelle ich die Zahlen hierher, die ich an den contractilen Blasen der Stylonychien erhielt, nachdem

sie an einem heissen Sommernachmittag stundenlang in Wasser von 21° gelebt hatten:

7. 7. 7. 7. 7. 8. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 8. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7.

Das Verhalten der contractilen Blasen bei höheren Temperaturen als 31° gelang mir nie zu beobachten. Einmal glaubte ich zu sehen, dass ein bei 42° sterbendes Thier, das bis zum letzten Augenblick die oben beschriebenen Drehbewegungen machte, im letzten Moment noch eine Blasencontraction auslöste und dann sich auflöste; doch kann ich mich getäuscht haben.

Die 2 contractilen Blasen der in Theilung begriffenen Stylonychien contrahiren sich ebenfalls in regelmässiger Abwechslung. Die wenigen entwickelte hintere contrahirt sich zuerst; 1 Secunde nach dieser Contraction tritt die Systole der vordern ein.

III. Tabelle.

Chilodon cucullulus unter denselben Verhältnissen, wie Stylonychia und Euplotes.

Temperatur	Secundenzahl von e. Contr. zur andern
5°	9. 9. 9. 9.
8°	8. 8.
9°	7.
15°	5. 5.
18°	5. 5. 5. 5. 5. 5.
20°	4. 4. 4. 4. 4. 4. 4. 4.
25°	4. 4. 4. 4. 4.

Ueber 25° gelingt keine Zählung mehr wegen zu grosser Unruhe des Thieres.

Zum Schluss lege ich noch die bei einer nicht näher bestimmten Vorticella erhaltenen Resultate vor, die ich aufs Geradewohl heraus griff, um eine weitere Probe für die Richtigkeit obiger Gesetze zu haben. Ich bemerke, dass ich ausserdem noch bei Epistylis, Bursaria die vollste Bestätigung fand, dass auch bei den anderen Infusorien durchgehends dieselben Gesetze der rhythmischen Blasencontractionen gelten.

Tabelle IV.

Vorticella in derselben Weise untersucht, wie die obigen Infusorien.

Temperatur	Zeitdauer (Secundenzahl) zwischen je 2 Contractionen.	
	1tes Präparat: (24. Mai 71.)	2tes Präparat: (28. Mai 71.)
17°	9. 9. 8. 10. 9. 9. 9. 9. 9. . .	6. 7. 7. 7. 7.
18°	8. 8. 8. 9. 8. 8. 8.	
20°	7. 7. 7. 7.	
23°	6. 6. 6. 6.	
25°	5. 5. 5.	
26°	. . . . .	6.
27°	. . . . .	5.
29°	. . . . .	4.
30°	. . . . .	3. 3. 3. 3.
33°	. . . . .	3. 3. 3. 3.
35°	4. 4. 4. 4.	
38°	. . . . .	4. 4. 4.

Beim ersten Präparat konnte man von 35° an eine stetige Zunahme der Grösse der contractilen Blase beobachten; bei 40° hatte dieselbe das Doppelte ihres früheren Durchmessers erreicht und contrahirte sich nur mehr in unregelmässigen Zwischenräumen (Secundenzahl zwischen je 2 Contractionen: 6. 8. 10. 4.); hiemit dauerte auch der Vorgang der Contraction selbst längere Zeit, als bei tieferen Temperaturen.

Bei wieder abnehmender Temperatur (das Thier starb also nicht bei 40°) erhielt ich folgende Zahlen:

25° . . . 6. 6. 6. 6.
21° . . . 8. 8.
20° . . . 9. 9. 9.
19° . . . 9. 9. 9.

also wie bei Euplotes Verlängerung nach vorheriger Einwirkung höherer Temperatur (Erschöpfung).

Bei 42° hörte endlich die Pulsation der contractilen Blase in der Dilatation auf; zu gleicher Zeit kommt auch die Wimperbewegung zur Ruhe. Der Stiel zieht sich langsam immer mehr zusammen, bis endlich völlige Starre alle Theile ergriffen hat.

2) Einwirkung von Sauerstoff und Wasserstoff.

In reinem *Sauerstoffgas* zeigten sämmtliche contractile Blasen keinen anderen Rhythmus, als in gewöhnlicher Luft. Stylonychia pustulata hatte bei gewöhnlichem Luftzutritt:

19° . . . 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7. 7 Secunden zwischen je 2 Contractionen.

Nach Sauerstoffzuleitung, wobei im Beginn die Temperatur etwas sank:

18°—19° . 8. 7. 8. 7. 8. 8. 7. 7. 8. 7. 8. 7.
23° . . . 6. 6. 6. 6. 6.
26° . . . 5. 5. 5. 5. 5.
30° . . . 4. 4. 4.

Chilodon bei

19° . . . 4. 4. 4. 4.

Längeres Verweilen in einem chemisch reinen *Wasserstoffstrom* ergab folgende Einwirkung.

Meist etwa 10 Minuten nach Beginn der Durchleitung bemerkt man, dass der Körper der Infusorien stark anschwillt, so dass vorher längliche Formen immer rundlicher, und ihre Formbeständigkeit verlierend, eigenthümlich schwankend und verschiebbar werden, und dass die vorher dicht aneinander gedrängten Körner nunmehr durch helle Zwischenräume von einander getrennt werden. Hiemit wird die Bewegungs-Schnelligkeit verlangsamt, und es treten die charakteristischen *Drehbewegungen* (hier also ohne Bewegungsbeschleunigung) um so früher auf, je höher die jeweilige Temperatur. Erhielt man während der Wasserstoffdurchleitung die Temperatur auf 5—7°, so traten die Drehbewegungen erst nach 50 Minuten, bei 16° schon nach 10, bei 23° nach 5 Minuten, vom Beginn der Wasserstoffeinwirkung an gerechnet, ein.

Die Wimperbewegung wird nach und nach, nicht plötzlich, immer langsamer, die Wimperhaare krümmen sich immer mehr. Kurz vor dem vollständigen Erlöschen bewegen sie sich noch 3—4 mal in 3 Secunden.

Die contractile Blase contrahirt sich, je länger der Wasserstoff einwirkt, in immer längeren Zeitabständen, verliert ihre rhythmisch geregelten Bewegungen, erweitert sich sodann immer mehr, um endlich in starker *Dilatation* (sie wird um das 5fache vergrössert), ohne dass noch einmal eine Contraction einträte, zu verharren; sie wird vollständig gelähmt. Bei Euplotes Charon nahm ich stets wahr, dass mit Abnahme der Contractions-Schnelligkeit die contractile Blase zugleich sich nicht mehr vollständig contrahirte, sondern, indem sie nur einen Theil der Flüssigkeit entleerte, am Ende der Systole nicht verschwunden, sondern in Gestalt eines mehr oder weniger grossen Bläschens übrig geblieben war.

Liess man endlich wieder etwas *Luft* zutreten, so erwachten die Bewegungen und die Blasencontractionen wieder, zuerst unregelmässig, nach 5—10 Minuten zur Norm zurückkehrend. Je länger alle Bewegungen sistirt hatten, um so länger dauerte es auch, bis die Bewegungen wieder begannen und in normaler Frequenz vor sich gingen; die bleibende Verlangsamung schien mit der hartnäckig andauernden und selbst durch Zuleitung von reinem Sauerstoff erst in langen Zeiträumen zu hebenden starken Aufquellung zusammenzuhängen.

Die Lebensdauer in Wasserstoff fand ich bei einer Temperatur von 16^0 durchschnittlich 45 Minuten; in niedrigeren Temperaturen bis $1^1/_4$ Stunden; in hohen dagegen bedeutend verkürzt. Trieb ich die Temperatur rasch in die Höhe, so trat unter ausserordentlicher Aufquellung die Auflösung in viel niedrigeren Temperaturen ein, als in normalen Verhältnissen; Stylonychia und Euplotes zerfielen dann schon bei 33^0.

Nach Obigem muss auch für die Infusorien die Wasserstoffwirkung auf Sauerstoffentziehung bezogen werden, da auf Zuführung des Sauerstoff die Wasserstoffsymptome wieder schwinden. *Die Aufquellung des ganzen Körpers, die Abnahme der Bewegungsschnelligkeit und die endliche Lähmung aller Bewegungen sind daher als Folgen des Sauerstoffmangels aufzufassen.* Höchst interessant ist, dass die Drehbewegungen bei Sauerstoffentziehung in ganz niedrige Temperaturgrade herabrücken, während sie bei vorhandenem Sauerstoff doch stets nur in ein und derselben hohen Temperatur auftreten. Auch die Hinausrückung des Wasserstofftodes durch niedrige Temperaturen ist als wichtig zu notiren.

Als Belege mögen folgende ausgewählte Beobachtungsreihen dienen:

a) Stylonychia pustulata.

Es wird 1 Exemplar beobachtet. 9h 30min. beginnt die Wasserstoffzuleitung.

Zeit.	Temperatur	Secundenzahl zwischen je 2 Contractionen.
9h 45min.	20°	9. 9. 8. 8. 9. 9.
10h 0	20°	9. 9. 9. 9. 9.
10h 5	20°	10. 10. 10. 10. 10. 10.
10h 10	20°	11. 11. 11. 12. 11.
10h 25	20°	12. 12. 12. 12. 12.

Es wird Luft zugelassen; Pulszahl geht rasch in die Höhe; man zählt kurz hinter einander: 10. 9. 8. 7.

b. Stylonychia pustulata und Chilodon cucullulus.

	Zeit	Temp.	Secundenzahl zwischen 2 Contractionen	Bemerkungen.
a. Stylonychia.	3h 15m.	21°	6. 6. 6. 6. 6.	Luftzutritt.
	Es wird Wasserstoff zugeleitet.			
	3h 16	21°	6. 6. 6. 6.	
	3h 18	21°	7. 7. 7. 7.	
	3h 22	. . .	. . . . .	Grosse Unruhe.
	3h 32	22°	7. 7. 7. 7.	Temperatur um 1° gestiegen.
	3h 35	. . .	. . . . .	Unaufhörliche, gerade ausschiessende wälzende *Drehbewegung*. Zählung der Blasencontractionen nicht möglich.
	3h 40	. . .	. . . . .	Es bilden sich 4 grosse neue Vacuolen.
	3h 45	23°	9. 9. 9. 9. 9.	Temperatur um einen weiteren Grad gestiegen. Einzelne Stylonychien kreisen wie Räder um einen fixen Punkt.
	3h 50	23°	9. 9. 9. 9. 9.	
	3h 55	25°	8. 8. 8. 8.	Auch jetzt reagiren noch die c. Bl. auf Temperaturerhöhung, worauf das Sinken der Secundenzahl bei Temperatursteigerung um 2° deutet.
	4h 0	23°	9. 9. 9. 9. 9. 9.	
b. Chilodon.	3h 32	. . .	. . . . .	Drehbewegungen (16 Minuten nach Wasserstoffzuleitung).
	3h 50	23°	13. 15. 13. 15. 15. 15.	
	4h 0	23°	20. 20. 20. 20.	

c. Euplotes, Stylonychia, Chilodon.

Stark erniedrigte Temperatur.

Zeit	Temp.	Secundenzahl zwischen je 2 Contractionen	Bemerkungen.
9 h 40 m.	5°	. . . . .	Beginn der Wasserstoffzuleitung.
10 h 0	7°	(Stylonychia) 54. 54. 54. (Chilodon) 27. 27. 27. 27.	Körperbewegung langsam, wie bei Kälte unter Luftzutritt.
10 h 5	10°	(Euplotes) 75.	
		Es wird wieder eine stärkere Kältemischung angewendet:	
10 h 15	5°	(Euplotes) 120	Immer noch langsame Kältebewegungen.
10 h 20	. . .	. . . . .	Unter allgemeiner Körper-Anschwellung beginnen jetzt einige Euplotes mit Drehbewegungen; auch beginnt sich die c. Bl. bei diesen stark zu dilatiren, während sie an den andern Euplotes, die noch keine Drehbewegungen zeigen, noch von normaler Grösse ist.
10 h 25	7°	(Stylonychia) 43. 120.	Die Blasencontractionen werden unrhythmisch.
10 h 30	5°	Contractionen nicht mehr wahrnehmbar.	Es beginnen auch die Stylonychien und Chilodon mit Drehbewegungen; bei letzteren starke Dilatation der Blase wahrnehmbar.
10 h 35		Contractionen nicht mehr wahrnehmbar.	Die Bewegungen der Wimpern und Füsse werden ungemein langsam; auf die Secunde kommen im Durchschnitt nur noch 2 peitschende Bewegungen; viele Wimpern bewegen sich gar nicht mehr. Stark gekrümmte Form der Wimpern.
10 h 50	9°	Contractile Blasen stark dilatirt und gelähmt.	Bewegungen der Wimpern fast erloschen.

3) Verhalten bei Concentrationsänderung der Flüssigkeit durch indifferente Substanzen.

1) *Kochsalz.* Schon eine $^1/_2$ procentige (1 : 200) Kochsalzlösung bewirkte bei Stylonychia und Euplotes eine bedeutende Verkleinerung der contractilen Blase, mindestens um $^2/_3$ des normalen Durchmessers. Es war in Folge dessen sehr schwierig, bei Stylonychia die Blasen zu sehen, die, in allen Durchmessern verkleinert, nur bei genauster Einstellung an ihrem gewohnten Platze gefunden werden konnten; im Anfang musste ich geradezu $^1/_2$ Stunde lang suchen, bis ich ihrer ansichtig wurde.

Die Contractionszahl war in geringem Grade verlangsamt. Bei Stylonychia zählte ich unter 22° von einer Contraction zur anderen:

7. 7. 6. 7. 6.,

bei Euplotes 34. 34. 34. In höheren Temperaturgraden war wegen der schnellen Körperbewegungen und der Kleinheit der contractilen Blasen eine Zählung der Contractionen nicht mehr möglich. Das Leben der Thiere blieb erhalten; wenigstens schwammen sie noch nach 5 Stunden lebhaft in der Flüssigkeit umher.

Bei einer Lösung von 1 : 100 verrathen die Thiere grosse Unbehaglichkeit. Geordnete, über die gesammte Flimmerreihe sich erstreckende Flimmerbewegung beobachtete ich nur an einzelnen Thieren; bei den meisten nahmen die Wimpern eine eigenthümlich steife Haltung an; es bewegte sich bald die eine, bald die andere in zuckenden Schlägen.

Die contractilen Blasen sind noch mehr verkleinert, wie bei 1 : 200; auch die Pulsationen mehr verlangsamt. 5 Minuten nach Zusatz hatte

Stylonychia bei 25° 15. 15. 15.
Euplotes „ „ 28. 30. 28. 28.
Chilodon „ „ 13. 13 Secunden Contractionsabstand, und

behielten die gleiche Schnelligkeit über $^1/_2$ Stunde bei.

Die Widerstandskraft hinsichtlich der Lebensdauer in diesem Concentrationsgrad ist individuell sehr verschieden. Bei einzelnen Thieren sistiren die Bewegungen schon nach $^3/_4$ Stunden. Der Körper platzt, indem der Inhalt mit grosser Gewalt nach allen Richtungen auseinander getrieben wird. Manche Euplotes stoben, wie mit Pulver gesprengt, nach allen Radien des Kreises mit solcher Gewalt auseinander, dass die Körner und Körnchen einen 60 mal grösseren Raum bedeckten, als das ursprüngliche Thier einnahm. Nach 24 Stunden, während deren das Präparat in der feuchten Kammer aufbewahrt wurde, waren alle Stylonychien und Chilodon todt; es lebten aber noch einige Euplotes, von denen doch schon einzelne

Exemplare $^3/_4$ Stunden nach Zusatz zu Grunde gegangen waren, sogar mit ziemlich normalen Körperbewegungen. Man sieht, dass eine künstliche Züchtung für Salzwasser möglich wäre.

Constant bei allen Ueberlebenden aber zeigte sich immer noch die enorme Verkleinerung der contractilen Blase. Die Pulsfrequenz derselben war noch mehr gefallen und war bei verschiedenen Individuen sehr verschieden. Ein geschwelltes Exemplar von Euplotes contrahirte sich:

bei 17^0 alle 85. 87. 84. 85 Secunden;

ein sich theilendes und ziemlich normales Exemplar

bei 17^0 alle 56. 58 Secunden;

ein 3tes ganz normal aussehendes

bei 17^0 alle 49. 52. 47. 49. 50 Secunden.

2) *Rohrzuckerlösung* bewirkt ebenfalls eine Verkleinerung der contractilen Blase, doch bei 1 : 100 nicht in dem Grade, wie bei der gleichen Kochsalzablösung. Erst bei 2 : 100 erreichen die contractilen Blasen von Euplotes und Chilodon die Kochsalzkleinheit. Die Pulsfrequenz bleibt bei 1 : 100 wie in gewöhnlichem Wasser; erst bei 2 : 100 fällt sie:

Stylonychia brauchte bei 21^0 . . 8. 8. 9. 8. 9. 8

bei 25^0 . . 7. 7.

Euplotes „ „ 22^0 . . 29. 30. 29. 29 Secunden von einer Contraction zur anderen.

4) Alkali-Wirkung.

1) *Kali* und *Natron hydricum solutum* hatten eine übereinstimmende Wirkung.

Setzte man bei 6^0 eine Verdünnung von 1 : 500 und 1 : 400 obiger Flüssigkeit zu, so schienen die Thiere ohne jede Alteration weiter zu leben, weder die Wimperbewegungen beschleunigten sich, noch änderten die contractilen Blasen ihre Contractionsschnelligkeit. Bei 6^0 zeigten letztere 16. 16. 15. 16. 16. Secunden Contractionsabstand, und bei Steigerung der Temperatur nahm die Pulsfrequenz in demselben Verhältniss, wie in normalen Verhältnissen zu.

Bei 1 : 150 hörte das Leben dieser kleinsten Organismen (Stylonychia) nach vorausgegangenen, kurz dauernden und nicht besonders ausgeprägten Drehbewegungen, die viel langsamer als die durch Wärme hervorgerufenen Drehbewegungen waren, auf; dieselben zerflossen aber nicht, sondern behielten die ihnen eigenthümliche Körperform bei, wobei nur sämmtliche

Umrisse ihre Schärfe verloren; die den Körper begrenzenden Linien verschwanden; es schien die Form nur noch durch die Körner und Körnchen bezeichnet, die im Protoplasma eingelagert waren. Im Laufe der nächsten 15 Minuten quoll der Körper, aber unter Beibehaltung der Form, immer mehr auf, indem die hellen Zwischenräume zwischen den vielen eingelagerten Körperchen immer weiter, und die ganze Masse immer durchsichtiger wurde, welche letztere zudem einen eigenthümlichen milchigen Glanz annahm. Die contractile Blase war gänzlich verschwunden; ebensowenig waren noch Vacuolen vorhanden. Die ganze Körpermasse erschien als ein ganz gleichförmiges Gemisch von heller flüssiger und körniger Materie und die einzige Ungleichmässigkeit war nur durch den Grössenunterschied der Körnchen bedingt. Die im normalen Organismus ständige Trennung der Sarcode von dünneren Flüssigkeiten, die in Gestalt von runden Tropfen in erstere eingelagert sind, war bei obiger Verdünnung nie mehr wahrzunehmen. Die Wimpern quollen so stark auf, dass sie nicht mehr einzeln von einander abstanden, sondern da, wo sie vorher reihenweise angeordnet waren, eine zusammenhängende Masse bildeten, in der eine Andeutung der früheren Differenzirung in schwachschattirten Linien bestand, wie bei der freien Wand des Darmepithels, nur in gröberen Verhältnissen.

Neben einzelnen Exemplaren, die wie Stylonychia rasch alle Lebenserscheinungen verloren, hörte sehr häufig, besonders bei Chilodon, doch auch bei Euplotes, zwar die Fortbewegung augenblicklich auf; aber in Folge der Fortdauer ungemein schwacher in sehr kleinen Kreissegmenten undulirender Bewegung der Wimpern zeigte der Körper eigenthümlich zitternde Bewegungen. Die eine kurze Zeit noch sichtbaren Umrisse der contractilen Blase, die aber vom Moment der alkalischen Einwirkung ihre Form und Grösse, so lange sie noch sichtbar war, nicht mehr änderte, wurden bald verwischt und undeutlich. Nach einigen Minuten hören auch die zitternden Bewegungen auf. Ohne dass auch nur die geringste Aufquellung oder Verflüssigung eintritt — man bemerkt im Gegentheil die Gegenwart einer grossen Menge dunkel contourirter eigenthümlich glänzender, wahrscheinlich Fett-Tröpfchen in dem Körperinnern — zerfliessen die Thiere plötzlich in formlosen Brei, die Fetttröpfchen platzen und lösen sich auf und es bleibt nur ein körniger Detritus zurück.

Bei noch stärkerer Concentration der alkalischen Flüssigkeit erfolgt sehr rasches Zerfliessen.

2) *Liquor Ammonii caustici.*

Unmittelbar nach Zusatz tritt eine gleichmässig flimmernde Bewegung aller Wimpern ein, ohne dass sich aber die allgemeinen Körper-

bewegungen beschleunigten. Zugleich schwillt der ganze Körper stark an; die Blase dilatirt sich um das Doppelte, so dass an der betreffenden Körperstelle eine starke Ausbauchung stattfindet. Im Anfang schienen die Contractionen pausiren zu wollen, begannen aber nach 120 Secunden wieder, zuerst in längeren, nach $^1/_2$ Stunde in normalen Zeitabständen. Mit dem Beginn der Pulsationen erreicht die vorher dilatirte Blase nicht einmal mehr ihren normalen Durchmesser, sondern bleibt so lange verkleinert, bis die normale Contractionsfrequenz wieder eingetreten ist.

Aus verschiedenen Versuchen stelle ich folgende Zahlen zusammen:

					Secunden von einer Contr. zur andern
Stylonychia	18°	15min.	nach Zusatz		13. 13. 13. 12. 12. 12.
	„	24min.	„	„	11. 12. 11. 11.
	19°	30min.	„	„	9. 9. 9. 9.
	„	35min.	„	„	8. 8. 8. 8.
Euplotes	18°	15min.	„	„	37. 37. 36. 36.
	19°	25min.	„	„	30. 30. 30. 30.
	„	30min.	„	„	28. 28. 28.
	„	60min.	„	„	30. 30. 30.

5) Säure-Einwirkung.

1) *Kohlensäure.* Gleich im Beginn der Einleitung werden die Infusorien sehr unruhig, zeigen schon nach 1 Minute Drehbewegungen, die aber sehr rasch sich verlangsamen. Bald verlieren die Thiere das Vermögen, sich fortzubewegen; die Wimpern sind peitschen- oder stark hackenförmig gekrümmt; hie und da bewegt sich noch die eine oder andere Wimper langsam und kraftlos. Nachdem schon in der ersten Minute der Körper anzuschwellen begonnen hatte, traten schnell grosse helle Blasen aus dem Körper und er platzte. Nach 3 Minuten war alles Leben, das in den beobachteten Tropfen war, erloschen, nicht nur das der Infusorien, sondern auch grösserer Thiere, z. B. der Naiden.

Was die contractilen Blasen anlangt, so waren ihre Bewegungen gleich im Beginn verlangsamt; dann dilatirte sich die Blase rasch um das Doppelte und contrahirte sich nicht mehr (Lähmung).

Wurde Sauerstoff mit geringen Quantitäten Kohlensäure gemengt, so ergab sich das Sauerstoffverhalten; wurden grössere Mengen Kohlensäure gleichzeitig mit Sauerstoff zugeleitet, so traten mit zunehmender Kohlensäuremenge die Kohlensäure-Erscheinungen in den Vordergrund. *Nie* aber trat bei irgend einem Mischungsverhältniss Beschleunigung der rhythmi-

sehen Thätigkeit der contractilen Blase ein; nur die Wimper- und allgemeinen Körperbewegungen wurden, wie überhaupt bei schwachem Säurezusatz, eine Zeit lang lebhafter.

Wurde Wasserstoff und Kohlensäure mit einander gemengt, so trat der Zerfall der Thiere viel früher ein, als bei reiner Wasserstoffatmosphäre; auch die Dilatation und Lähmung der contractilen Blase trat bei Wasserstoff- und Kohlensäuremischung, viel früher ein, als bei Wasserstoff allein.

2) *Schwefelsäure.* In 1 : 20 gehen die Thiere rascher zu Grund, als in Kohlensäure. Euplotes, Chilodon waren leicht geschwellt, bräunlich gefärbt, mit gesträubten starren Wimpern. Bei Euplotes war an Stelle der contractilen Blase ein unregelmässiger heller Fleck getreten ohne scharfe Contouren und mit unmerklichen Uebergängen ins körnige Protoplasma.

1 : 50 ist noch eben so rasch tödtlich. Lässt man unter das Deckgläschen einen Tropfen dieser Verdünnung zufliessen, so sind die Thiere, die an der Eintrittsstelle sich befinden, augenblicklich todt; an anderen Stellen, wohin er allmählig diffundirt, sieht man, wie die eben noch lebhaften Thiere plötzlich in Drehbewegungen und meist schnell in Starre verfallen, nachdem noch eine letzte Contraction der contractilen Blase stattgefunden hat, die sich dann natürlich nicht mehr bildet. Einzelne Exemplare Euplotes und viele Chilodon erstarren nach vorausgegangenen Drehbewegungen im Stadium der Blasendilatation. Nach dem Tode treten allmählig grosse helle Blasen aus dem Körper, die immer grösser werden; endlich löst sich der Körper ganz auf.

Erst bei Verdünnungen von 1 : 625 bleiben die meisten Thiere am Leben, indem sie auch ihre normalen Bewegungen beibehalten. Nur die contractilen Blasen sind ziemlich in allen Durchmessern verkleinert, besonders auffallend in tieferen Temperaturgraden; mit steigender Wärme werden die contractilen Blasen immer grösser, so dass sie schliesslich einen fast normalen Durchmesser erhalten. Auch die Contractionsfrequenz ist verlangsamt. Eine Viertelstunde nach Zusatz obiger Lösung finden sich an Stylonychia folgende Secundenzahlen für die Contractionsabstände:

14° . . .	13. 13. 13. 13. 13. 13.
15° . . .	11. 11.
17° . . .	9. 9. 9.
20° . . .	7. 7.
25° . . .	6. 6.
30° . . .	5. 5. 5.

an Euplotes:

15° . . . 36. 37. 36. 37.
32° . . . 23. 23. 23.

an Chilodon:

15° . . . 7. 7. 7. 7. 7.
30° . . . 4. 4. 4.

Bei Verdünnung von 1 : 1000 zeigten sich nur im Beginn einige Reizerscheinungen an den Wimperbewegungen; sonst blieb Alles normal.

Einen ähnlichen Einfluss bei den gleichen Verdünnungen hatten noch die Salpeter-, Salz- und Chromsäure. Um mit Phosphorsäure dieselben Effecte zu erreichen, waren stärkere Concentrationen nöthig.

6) Alcohol.

Bei Zusatz einer Verdünnung von 1 : 10 Wasser waren alle Thiere, bis ich sie zu Gesicht bekam, tod. Die Stylonychien waren aufgelöst, zerfallen, Euplotes leicht geschwellt mit gesträubten Wimpern, Chilodon mit getrübtem Körperinhalt. Die contractilen Blasen waren in mittlerer Dilatation stehen geblieben.

Bei 1 : 15 wurden die Thiere von einer grossen Unruhe ergriffen, schossen mit vergrösserter Schnelligkeit, öfter unter Drehbewegungen, hin und her, wesshalb es nur selten gelang, die Contractionsfrequenz der Blasen zu zählen. Es ergaben sich:

für Euplotes bei 17° 36. 36.
„ Stylonychia „ „ 8. 8.
„ Chilodon „ „ 4. 4. Zeitabstand von einer Contraction zur andern — also eine geringe Verminderung der Frequenz gegenüber normalem Verhalten.

Nachdem die enorm raschen Körperbewegungen $^1/_2$ Stunde gedauert hatten, geriethen sämmtliche Stylonychien in exquisite Drehbewegungen, die bald mit stark zunehmender Aufquellung des Körpers immer langsamer und langsamer wurden. Es begann nach weiteren 10 Minuten die Wimperbewegung unregelmässig zu werden; viele Wimpern hatten ihre Thätigkeit ganz eingestellt; unter vielen bewegungslosen fanden sich einzelne hin- und her undulirende. Die contractile Blase wurde sehr gross, doppelt so gross als normal und contrahirte sich nur noch alle 60—80 Secunden.

Auch die Euplotes wurden nach längerem Aufenthalt in dieser Mischung stark geschwellt; es traten grosse wasserklare Blasen aus dem Kör-

per, die mit ihm an einer Stelle in Zusammenhang bleibend oft doppelt so gross wurden, wie der Körper. Es entstanden auch innerhalb des Körpers 6—8 grosse Vacuolen, die contractile Blase aber hörte auf, sich zu contrahiren. Endlich löste sich der Körper auf.

Bei Chilodon, welcher ebenfalls unter Trübung des Inhalts stark aufquoll, war der Durchmesser der contractilen Blasen bei vielen Exemplaren um das Dreifache vergrössert: auch hatten sich neue Vacuolen gebildet. Zu der Zeit, wo bereits bei allen Stylonychien und Euplotes Stillstand der Blasencontractionen eingetreten war, waren bei Chilodon noch Contractionen, theils in normaler Schnelligkeit, theils verlangsamt, wahrzunehmen.

Steigerte man die Temperatur, wenn die Stylonychien bereits 15 Minuten in obiger Flüssigkeit waren, so beschleunigten sich die Wimper- und Körperbewegungen sehr stark; auch die Contractionsfrequenz nahm zu, doch nicht in dem Grade, wie in normaler Flüssigkeit. Behielt man einen bestimmten, höheren Temperaturgrad eine Zeit lang bei, so fiel die Contractionsfrequenz wieder und wurde unregelmässig:

Stylonychia	16^0	15. 15. 15.
	25^0	12. 12.
	nach 2 Minuten	28. 37. 12. 28.

Alcohol (1 : 20) zeigte wenig Einfluss mehr.

7) Alcaloid-Wirkung.

Die von *Merk* in Darmstadt bezogenen reinen Alcaloide wurden löslich gemacht, indem zu 1 Gewichtstheil des Alcaloids 2 Gewichtstheile reiner Salzsäure (spec. Gew. 1,14) und 100 Gewichtstheile Wasser zugesetzt wurden. Die weiteren Verdünnungen geschahen mit demselben Quellwasser, in welchem die Infusorien lebten. Das Verhalten der Infusorien gegenüber der Salzsäure, welches vorher einer Prüfung unterworfen wurde, ergab, dass bei einer Verdünnung von 1 : 600 nicht die mindeste Reaction mehr stattfand (siehe Säureeinwirkung). Wenn man die oben mitgetheilten Versuche mit indifferenten concentrirten Lösungen, mit Alkalien und Säuren vergleicht, wird man nicht umhin können, die sogleich mitzutheilenden eigenthümlichen Wirkungen der Alcaloide bei Verdünnung von 1 : 1000 bis 1 : 18000 als ganz specifische zu betrachten, und dieselben weder auf eine Veränderung des Concentrationsgrades der Flüssigkeit, noch auf Säure- oder gar Alcali-Wirkung zurückführen.

Strychninum nitricum.

Bei Lösungen von 1 : 500 und 1 : 1000 traf ich, bis das Präparat unter das Mikroskop kam, kein einziges Infusorium mehr am Leben. Es waren alle aufgelöst und zerfallen und lagen als formlose aus hellen Bläschen und Körnern, welche letztere in molekularer Bewegung begriffen waren, zusammengesetzte Detritushäufchen in der Flüssigkeit. Dasselbe war noch der Fall bei Lösungen von 1 : 2000, 3000, 4000, die ich der Reihe nach versuchte.

Erst bei 1 : 5000 blieb das Leben einiger Exemplare (die meisten waren auch bei diesem Verdünnungsgrad zerflossen) längere Zeit erhalten. Es zeigten sich hiebei folgende Erscheinungen: Unmittelbar nach Zusatz bei einer Temperatur von 19° verfiel Stylonychia in die oben beschriebenen *Drehbewegungen*; dieselben waren nur weniger schnell und mehr schwerfällig, als bei höheren Temperaturen. Gleichzeitig schwoll der ganze Körper stark an; am Kopfende trat stets eine halbkugelförmige Blase heraus; das hintere Ende schwoll in die Breite und bildete besonders links in der Blasen- und Aftergegend eine starke Ausbauchung. Der sonst länglich ovale Körper wurde hiedurch birnförmig.

Gleichzeitig, also unmittelbar nach Zusatz des Giftes, vergrösserte sich die contractile Blase um das Vier- bis Zehnfache ihres normalen Durchmessers, verlor ihre rundlich-ovale Form und nahm eine Flaschenform an, indem ihr schmäleres vorderes Ende bis fast an den Kopfrand, das sehr breite und mehr rundliche hintere Ende gerade bis an die Aftergegend reichte, somit $^2/_3$ der Gesammtlänge und hinten $^1/_2$ der Gesammtbreite des Thieres einnahm. Die oben erwähnte linksseitige Ausbauchung des Körpers war hauptsächlich durch diese enorme Blasendilatation veranlasst. Bei einigen wenigen Exemplaren war die ausgedehnte Blase weniger flaschenförmig, sondern entweder länglich oder ganz rund und an der dem Innern des Körpers zugewendeten Seite öfters wie eingekerbt. Eine Verkleinerung oder Contraction dieser Blasen trat nie mehr ein. Dilatation und Lähmung derselben waren ausnahmslose Befunde.

Dabei kreisten die Thiere mit Drehbewegungen unaufhörlich umher, bis nach 5—10 Minuten (es zeigten sich starke individuelle Verschiedenheiten hinsichtlich der Lebensdauer) auch hier Zerfliessung eintrat.

Bei einer Verdünnung von 1 : 7000 und einer Temperatur von 15° trat Körperanschwellung und Drehbewegung ebenso rasch auf; nur die contractile Blase dilatirte sich im Beginn nur um das Doppelte, zog sich auch noch zusammen, aber mit bedeutend verlängerter Zwischenzeit:

Stylonychia 15° . . 20. 20. 20.
Euplotes 16° . . 91. 98. Secunden von einer Contraction

zur andern. 3 Minuten nach Zusatz hörte sie bei Stylonychia ganz auf; die contractile Blase blieb in der Dilatation stehen und vergrösserte sich nun um das 4- und 5fache. Nach weiteren 5 Minuten waren die meisten zerfallen; einige Individuen lebten noch 10 Minuten, ohne dass aber noch einmal eine Contractionsbewegung der Blase eingetreten wäre.

Auch Euplotes wurde stark geschwellt, es bildeten sich mehrere grosse helle Vacuolen im Körper, die contractile Blase dilatirte sich enorm, so dass fast der ganze Körper durch diese grossen Blasen und Vacuolen ausgefüllt erschien. Im Uebrigen aber zeigte sich an dieser Species eine grössere Widerstandskraft. Bei der zuletzt erwähnten Verdünnung von 1 : 7000 geschahen noch 30 Minuten nach Zusatz Zusammenziehungen, die aber immer bis 500 Secunden auseinander lagen und nie zu vollständiger Blasenentleerung führten, sondern nur eine sogar meist nur geringe Verkleinerung der contractilen Blase bewirkten. 40 Minuten nach Zusatz hatte sich eine einzige, fast über die Hälfte des Körpers ausgedehnte nicht mehr contractile Blase gebildet, worauf ebenfalls, wie bei Stylonychien der Tod durch Auflösung eintrat.

Bei der Wichtigkeit dieser Erscheinungen dehnte ich die Untersuchung noch auf Chilodon, Coleps und Vorticella aus und fand dieselben bei allen Infusorien wiederkehrend. Bei Chilodon, der von allen am längsten in der Strychninflüssigkeit lebte, bildeten sich 6—8 grössere Vacuolen, die theilweise zusammenflossen, bedeutend grösser waren, als normal, und sich im Beginn der Einwirkung manchmal zusammenzogen. Coleps sah, durch die stark vergrösserten Blasen ganz hell gemacht, aus, wie ein vergittertes Fenster. Bei Vorticella traten helle Blasen aus dem Körper; es traten neue Vacuolen und eine ausserordentliche Dilatation der contractilen Blase mit Lähmung derselben ein.

Früher schon war mir diese enorme Blasendilatation auf Strychninzusatz bei Amoeben aufgefallen.

Ich untersuchte Stylonychia ferner noch bei Verdünnungen von 1 : 10000, 12000, 15000; immer, selbst bei 1 : 15000 trat die oben erwähnte Reaction ein: hochgradige Blasenerweiterung und Lähmung, Aufquellung des Körpers und Drehbewegungen. Unter 100 Exemplaren war höchstens ein einziges, dessen contractile Blase keine starke Erweiterung zeigte und nur durch langsameren Rhythmus reagirte. Der einzige Unterschied gegen grössere Strychningaben war nur der, dass mit immer stärkeren Verdünnungen mehr Individuen länger am Leben blieben. Bei 1 : 18000 zeigten dagegen nur wenige Thiere die Dilatation der Blase; die meisten blieben ganz intact, zeigten in ihren Körperbewegungen, in der Grösse

der contractilen Blase keine Abweichung von der Norm; nur contrahirten sich letztere in mittlerer Temperatur langsamer, als normal, und waren die Körperbewegungen bei höheren Temperaturgraden nicht sehr beschleunigt, so dass die Blasencontractionen auch zwischen 30—35° gezählt werden konnten.

18° . . 10. 10. 10. 10. Secunden zwischen 2 Contractionen.
19° . . 9. „
21° . . 7. „
25° . . 6. 6. „
27° . . 6. 6. 6. 5. „
28° . . 5. „
30° . . 5. 5. 5 5. „
35° . . 4. 4. 4. 4. 4. 5. 4. 5. 4. 4. 4. „

Euplotes behielt schon bei Verdünnungen von 1 : 15000 die normale Grösse seiner contractilen Blase bei. Der Einfluss des Giftes zeigte sich nur in der niedrigeren Contractionsfrequenz:

20° . . 141. 71. 83.

Veratrinum muriaticum.

Veratrin 2, Acid. muriat. 1, Aq. fontana 1000. Unmittelbar nach Zusatz dieser Mischung bei einer Temperatur von 22° trat bei allen in der Flüssigkeit anwesenden Infusorien starke Aufquellung des Körpers, Drehbewegungen sowie Blasendilatation und Lähmung ein. Die stark geschwellten Stylonychien zerfielen vom Kopfende an in lauter kleine, helle runde Blasen und zerfielen in einigen Secunden; während die eine Hälfte sich auflöste, setzte die noch intacte andere Hälfte ihre Drehbewegungen ruhig fort, bis auch sie in Zerfall gerieth.

1 : 2000 und 3000 ergab dasselbe Schauspiel. Besonders häufig, auffallend häufiger, als bei anderen Giften, verfielen die Thiere, indem ihre Vorwärtsbewegung aufhörte, in die um einen und denselben Punkt gehenden Drehbewegungen. Oft 5 Minuten lang kreisten sie unaufhörlich und mit ungemeiner Schnelligkeit, wie Schwungräder, um denselben fixen Punkt, obwohl sie sich nicht unter einem Deckgläschen, sondern in einem freien Tropfen befanden. Das Platzen und Zerfliessen geschah wie oben.

Bei 1 : 5000 verlangsamt sich augenblicklich die Contractionsfrequenz und hört bald ganz auf; dabei dauern aber die normalen Körperbewegungen viel länger fort und bleibt das Leben $^1/_2$ Stunde lang erhalten, wobei eine starke Vermehrung von Vacuolen bei allen Infusorien stattfindet.

1 : 6000, 7000, 8000 erzeugt immer noch Körperquellung, Blasenerweiterung und Lähmung, aber bei normaler Fortdauer der übrigen Bewegungen. Das Leben bleibt eine Stunde lang erhalten.

1 : 12000 ruft erst nach stundenlanger Einwirkung eine Reaction in Form von Vacuolenbildung hervor. Erst nach 5 Stunden zerfliessen die Stylonychien; nur die Chilodon leben länger fort, aber mit dilatirten und gelähmten Blasen.

Chininum muriaticum.

Bei Verdünnungen von 1 : 500, 1000, 2000, 3000 zeigen sich alle bei Strychnin und Veratrin geschilderten Erscheinungen. Bei 1 : 5000 dauert das Leben schon 10 Minuten an, allerdings immer noch mit Aufquellung, Blasenlähmung, Drehbewegung u. s. w. Dann löst sich Stylonychia in der früher angegebenen Weise auf; Euplotes, sich länger am Leben erhaltend, zerfällt nicht, sondern bietet nach dem Erlöschen aller Bewegungen mit seinem trübgewordenen Körperinhalt und den gesträubten Wimpern ganz das Bild eines erstarrten, geronnenen Thieres. Bei 1 : 10000 lebten die Infusorien noch nach $^1/_2$ Stunde, ohne die geringste Alcaloidreaction zu zeigen.

Digitalinum muriaticum.

Digitalin 1, Acid muriat. 2, Aq. fontana 500. Sogleich nach Zusatz lassen die Stylonychien Koth fahren, und werden wie die Euplotes äusserst unruhig. Nach 5 Minuten beginnt bei einzelnen Exemplaren complete Blasenlähmung; es verfliesst aber $^1/_2$ Stunde, bis alle Infusorien ohne Ausnahme dieselbe Reaction zeigen. Der Tod tritt ein unter starker Aufquellung.

Bei 1 : 1000 beginnt schon 2 Minuten nach Zusatz Verlangsamung der Contractionen; nach 3 Minuten konnte ich schon bis 120 zählen, ohne dass eine Contraction erfolgte. Ober- und unterhalb der Blase in der seitlichen Längsaxe bilden sich 2 neue Vacuolen, die sich immer mehr verlängern und bei vielen Thieren zu einem langen Canal zusammenfliessen. Nach $^1/_2$ Stunde hörten die Bewegungen bei Euplotes und Stylonychia auf; letztere wurden aufgelöst, erstere nicht.

Bei 1 : 2000 zeigte sich kein Einfluss auf das Verhalten aller Infusorien.

Atropinum sulfuricum.

Dieses verhielt sich wie Digitalin; nur trat die Reaction später ein; bei 1 : 1000 bemerkte man 5 Minuten lang keine Reaction; erst dann trat Vergrösserung und Lähmung der Blase sowie Drehbewegung ein.

1 : 2000 hatte so wenig Einfluss, wie die gleiche Digitalinverdünnung.

Morphium muriaticum.

1 : 1000 hatte keinen Einfluss. Bei 1 : 500 und Erwärmen auf 30° trat Erweiterung und Lähmung der Blase auf; doch war dieselbe höchstens um das Doppelte dilatirt.

Diese Untersuchungsreihe auf alle Alcaloide auszudehnen, wurde durch das plötzliche Verschwinden der hauptsächlichsten Versuchsthiere aus allen ihren Reservoiren unmöglich; es tauchten andere Infusorien, die sich zu Untersuchung der contractilen Blase weniger eigneten, auf und verdrängten die alten Einwohner. Ich halte die bis jetzt erhaltenen Resultate bereits für so wichtig, dass ich ihre Veröffentlichung vor völligem Abschluss der Beobachtungen für vollkommen gerechtfertigt erachte. Ich behalte mir vor, sowie wieder ausreichendes Material zu Gebote steht, den Einfluss der noch restirenden Alcaloide, ihre etwaige antagonistische Wirkung u. s. w. einer ähnlichen Untersuchung zu unterwerfen.

Ich habe bei der Untersuchung der Alcaloidwirkung ebenso, wie bei den anderen Agentien Rücksicht auf den hinzutretenden Einfluss verschiedener Temperaturgrade genommen; da das Hereinziehen aller dieser Verhältnisse die Abhandlung zu sehr ausdehnen würde, theile ich vorläufig nur die hiebei immer wiederkehrende Erfahrung mit, dass *tiefe Temperaturgrade die Intensität der Alcaloidwirkung schwächen, dieselbe langsamer eintreten lassen, höhere Temperaturgrade dagegen den Eintritt derselben beschleunigen.*

8) Einfluss der Elektricität.

Sowohl bei Schliessungs-Schlägen von einer gewissen Stärke, als bei fortwährend unterbrochenen Strömen waren die Stylonychien und Euplotes *nicht* mehr im Stande, *sich vom Platz zu bewegen.* Die sonst geradlinigen oder gleichförmig runden Contouren des Körpers nahmen eine *wellige Form* an; zugleich wurde bei Stylonychia das hintere Ende breiter, das vordere schmäler: lauter Zeichen, dass das ganze Körperprotoplasma den elektrischen Einwirkungen gleichmässig unterlag und mit einer kräftigen Contraction dagegen reagirte. Diese Veränderung der ganzen Körperform trat nur bei elektrischer Einwirkung ein; kein anderes Agens war im Stande, auch nur ähnliche Contractionen des Körpers zu veranlassen. Ausnahmslos wurde *in diesem tetanischen Zustand des ganzen Körpers die contractile Blase in ihrem Contractionsmodus gar nicht alterirt,* son-

dern contrahirte und dilatirte sich in derselben Schnelligkeit und Regelmässigkeit, wie unter normalen Verhältnissen, bei 20° alle 7 Secunden. Oft wurde das Körperprotoplasma durch ruckweise Contractionsstösse erschüttert, so dass die contractile Blase als Ganzes zu kleinen Locomotionen gezwungen wurde, ohne dass aber selbst jetzt die geringste Unregelmässigkeit in ihren Contrationen eingetreten wäre.

Bei Anwendung schwächerer Ströme verfielen die Stylonychien in Drehbewegungen; es traten helle, wasserklare, runde Blasen aus dem Körper und lösten sich von demselben los, ohne dass aber hiemit eine Auflösung des ganzen Organismus eingetreten wäre. Dieselben setzten vielmehr ihre raschen wälzenden Drehbewegungen noch längere Zeit fort; erst 5—10 Minuten später verlangsamten sich diese Bewegungen, der Wimperschlag wurde peitschenförmig, und es trat Auflösung ein. Die Euplotes zeigten ähnliche Erscheinungen; nur verhielten sie sich resistenter und blieben länger am Leben, als die Stylonychien. Eine Beobachtung der contractilen Blasen war wegen der schnellen Körperdrehung nicht möglich.

Bei sehr starken Inductionschlägen wurden die meisten Infusorien augenblicklich aufgelöst und verflüssigt und zeigten Molecularbewegungen.

Bedeckte man einen Tropfen längere Zeit mit einem Deckgläschen, bis die contractilen Blasen der in der Mitte befindlichen Infusorien, wahrscheinlich in Folge Sauerstoffmangels (siehe oben) gelähmt und dilatirt waren, so konnten selbst starke Ströme weder bei Oeffnungs- noch bei Schliessungsschlägen Contractionen derselben auslösen. Nur die Wimperbewegung wurde, wo sie noch in schwachem Grad vorhanden war, etwas lebhafter.

Die Einwirkung der angewendeten Agentien auf das Protoplasma und auf die Bewegungserscheinungen der Infusorien ist somit, kurz zusammengefasst, folgende:

Erhöhung der Temperatur bewirkt zunächst Beschleunigung sämmtlicher Bewegungen, sodann Aufhebung der willkürlichen bei Fortdauer der unwillkürlichen Bewegungen, (i. e. Drehbewegungen), endlich Verflüssigung und erst bei weiter zunehmender Steigerung Gerinnung des Protoplasma.

Sauerstoffentziehung bewirkt Abnahme der Schnelligkeit sämmtlicher Bewegungen, Aufhebung der willkürlichen Bewegungen (i. e. Drehbewegungen), Lähmung und Dilatation der contractilen Blase, starke Aufquellung und schliessliches Zerfliessen des Körpers.

Stärkere Concentration der umgebenden Flüssigkeit durch indifferente Stoffe bewirkt Flüssigkeitsentziehung aus dem Körper, resp. geringere und langsamere Flüssigkeitsaufnahme, dadurch Verlangsamung des Stoffwechsels. Diese Vorgänge sind charakterisirt durch die ausserordentliche Verkleinerung der contractilen Blase. Je nachdem diese den Stoffwechsel beschränkenden Verhältnisse durch stärkere oder schwächere Concentration stärker oder schwächer auftreten, ist auch die Contractionsfrequenz der Blase kleiner oder grösser.

Die *Säuren* bewirken in *stärkster* Gabe Zerstörung des Körpers; derselbe zerfällt; in *mittleren* Gaben Gerinnung der Körpersubstanz mit nach dem Tode auftretender Quellung und Auflösung; in *kleinsten* Gaben Schrumpfung, Verkleinerung des Durchmessers des ganzen Körpers und der contractilen Blase; im Beginne Beschleunigung, später Verlangsamung der Wimperbewegung. Die Contractionsfrequenz der contractilen Blase wird gleich im Beginn der Einwirkung herabgesetzt[29]).

Die *Alkalien* bewirken in *stärkster* Gabe rasches Zerfliessen des ganzen Körpers, in *mittlerer* Gabe stärkere Verflüssigung des Protoplasma, Aufhebung der Trennung in verschiedene Flüssigkeiten (es verschwinden die Vacuolen und contractilen Blasen) mit nachfolgender starker Aufquellung und endlicher Auflösung. Die Bewegungen und das Leben werden schon im Beginn der Einwirkung vernichtet. In *kleinster* Gabe: Aufquellung, Dilatation und Herabsetzung der Contractionsfrequenz der contractilen Blase.

Alcohol bewirkt in *stärkster* Gabe raschen Tod unter Aufquellung und Auflösung. Die contractilen Blasen bleiben in mittlerer Dilatation stehen. In *mittlerer* Gabe zuerst Beschleunigung der Wimperbewegungen bei gleichzeitiger Verlangsamung der Contractionsfrequenz der contractilen Blasen; Drehbewegungen; hierauf Verlangsamung auch der Wimperbewegungen unter Aufquellung; endlich Auflösung.

Die *Alcaloide* bewirken in *stärkster* Gabe blitzschnelle Aufhebung des molekulären Zusammenhangs; in *mittleren* und *kleinen* Gaben Drehbewegungen, Herabsetzung der Schnelligkeit der Wimperbewegungen, starke Aufquellung des Körpers, enorme Dilatation und Lähmung der contractilen Blase; schliessliches Zerfliessen des Körpers.

Elektricität bewirkt in *starken* Strömen Auflösung und Verflüssigung; in *mittelstarken* Strömen Tetanisirung des Körpers und der Wimpern bei

---

29) Die Erscheinungen bei Kohlensäuredurchleitung sind combinirt aus Sauerstoffentziehung und Säurewirkung.

ungestörter Fortdauer der rhythmischen Blasencontractionen; in *schwachen* Strömen primäre Beschleunigung der Wimperbewegungen; Drehbewegungen; später unter Aufquellung Verlangsamung der Bewegungen und Auflösung.

III.

Bei den vorausgeschickten Untersuchungen drängt sich zunächst die Thatsache auf, dass auf bestimmte Agentien nicht allein die rhythmischen Contractionen der contractilen Blase, sondern auch andere Bewegungserscheinungen der Infusorien z. B. der Wimpern ganz *bestimmte, aber nicht immer correspondirende* Veränderungen zeigen. Da darüber bis jetzt noch keine eingehenderen Beobachtungen vorliegen, dürfte es sich verlohnen, dieselben, namentlich die gegenseitigen Beziehungen und Differenzen der höchst verschiedenartigen Bewegungen, einer genauen Betrachtung zu unterziehen.

Wenn wir von den wahrscheinlich nur geringfügigen Unterschieden der Rinden- und Körnchensubstanz und von den in das Protoplasma eingelagerten Vacuolen absehen, erscheint die ganze Körpermasse, das Protoplasma der Infusorien mit Einschluss der Wimpersubstanz, nahezu gleichartig; nur bei manchen dieser Organismen können wir mit unseren Instrumenten einige feine Streifen unterscheiden, die wie Verdichtungen der sonst gleichartigen Grundsubstanz erscheinen und, wie die neuesten Untersuchungen lehren, in ihren Functionen Homologa der Muskelfasern der höheren Thiere darstellen.

Trotz dieser scheinbar höchst geringfügigen Differenzirungen sehen wir, dass von diesen Organismen die verschiedenartigsten Bewegungen ausgeführt werden können, und zwar nicht allein mit Hilfe ausgestreckter Fortsätze (Wimpern), sondern auch im Körperinnern.

Es können die Wimpern, namentlich die in Längsreihen angeordneten, in eine gleichmässig fortschreitende Bewegung gerathen, die wie die des Flimmerepithels ganz den Eindruck der Unwillkürlichkeit macht; es kann aber in vielen Fällen diese unwillkürliche Bewegung willkürlich sistirt und wieder angefangen werden, so dass alle Wimpern ruhig stehen, oder so, dass bei Bewegungslosigkeit vieler die eine oder die andere immer noch isolirte Schwingungen macht; oder so, dass alle plötzlich wieder zu schlagen beginnen. Die grösseren sogenannten Borsten und Griffel können ruhig in einer bestimmten Richtung gehalten werden, wie ein Steuerruder; es können einzelne oder alle hin- und herbewegt werden, wie die Füsse

höherer Thiere; es können mit denselben ganz combinirte Bewegungen z. B. des Kletterns gemacht werden, wobei das abwechselnde Vor- und Rückwärtsgehen derselben vollkommen so zweckmässig erscheint, wie das Schreiten vier- und mehrfüssiger Thiere. Dieselben können den Körper fixiren, während die Thätigkeit anderer Wimpern Flüssigkeitsströme im umgebenden Medium hervorruft, in denen Nahrung herbeigezogen und unbrauchbare Stoffe wieder entfernt werden; es kann das Thier in der Flüssigkeit sich selbst bewegen, und zwar in ganz willkürlichen Richtungen, um andere Thiere zu umgehen oder anzugreifen (Oxytrichinen, Euplotinen). Es können sich aber auch bei einzelnen Arten die Spitzen grösserer Wimpern allein bewegen, während die Basis unbeweglich bleibt; ebenso können vom Körper losgelöste Theile, sowie Körperbruchstücke noch Wimperbewegungen zeigen [30]).

Der Körper selbst kann seine natürliche Form auf das mannigfaltigste verändern (Vorticella, Stentor), kann manche Theile willkürlich einziehen und wieder ausstossen, kann sich ungemein verlängern und verkürzen. Zugleich finden sich im Innern höchst regelmässige Bewegungen. Wir haben gesehen, dass das ganze Protoplasma von Flüssigkeitsströmchen (Canalsystem) durchzogen sein muss, die bald sichtbar, bald unsichtbar sind und ihren dünnflüssigen Inhalt in der contractilen Blase ansammeln. Diese Flüssigkeit in den Canälen und in den contractilen Blasen wird durch Annäherung und Auseinandergehen der benachbarten Protoplasmatheilchen weiter geschafft in äusserst regelmässiger Weise, und diese regelmässigen, kleineren (partiellen) Bewegungen werden weder gestört noch unterbrochen durch hochgradige Zusammenziehungen und Ausdehnungen des ganzen Körpers. Eine in der Diastole befindliche contractile Blase wird nicht contrahirt, wenn sich der ganze Körper contrahirt, sondern bleibt in ihrer Dilatation, und kann ihre Contraction z. B. erst beginnen, während das ganze Thier sich ausdehnt (Vorticella). Ja die rhythmischen Bewegungen gehen sogar ihren ungestörten Gang bei tetanisirten Infusorien (siehe oben Seite 48). Also während das gesammte Körperprotoplasma erschlafft, kann ein einzelner Theil sich zusammenziehen; während jenes sich contrahirt, dieser sich ausdehnen [31]). Ausserdem dass in regelmässigen genau eingehaltenen Zeitintervallen Flüssigkeitstropfen nach Aussen entleert werden, werden meist sogar in nächster Nähe der contractilen Blase in unregelmässigen Zwischenräumen unbrauchbar gewordene gröbere Stoffe durch eine Art After entleert.

---

[30]) Siehe oben, und *Engelmann* l. c. p. 157.

[31]) Vgl. *Lieberkühn:* Ueber Bewegungserscheinungen der Zellen. 1870. p. 22.

Ferner beobachten wir an manchen Gattungen ein kreisförmiges fortwährendes Umherwandern der in das Körperinnere gelangten Nahrungsstoffe. Zugleich haben alle diese Bewegungen bei allen Arten einen ganz bestimmten scharf markirten Charakter und zeigen auf jede bestimmte äussere Einwirkung eine ganz bestimmte Reaction.

Kurz es findet sich in jedem einzelnen dieser kleinsten Organismen eine solche Menge neben- und in einander gehender Bewegungen, dass es im höchsten Grade erstaunlich erscheint, dass sie sich gegenseitig nicht im geringsten stören oder in ihrer Regelmässigkeit alteriren, obwohl sie durcheinander laufen, wie die Wellen im Wasser.

Im Hinblick auf alle diese Erscheinungen sind wir daher gezwungen, auch da, wo wir keine eigenen Bewegungsmittel, z. B. Muskelstreifen sehen, anzunehmen: 1. dass die scheinbar ganz *gleichartige* Grundsubstanz dieser niederen Organismen in einemund demselben Zeitmoment in die *entgegengesetztesten Zustände* (der durch einander laufenden Zusammenziehung und Ausdehnung) versetzt sein kann; 2. dass diese Grundsubstanz *in einem Zustand immerwährenden Wechsels begriffen ist* (Wechsel von Contraction und Erschlaffung); 3. dass *manche Bewegungen* (die unwillkürlichen und die losgerissenen Flimmerhaare) nur durch *rein locale Vorgänge* bedingt sind, dass also auch *die kleinsten Theile dieser Organismen eine gewisse Selbständigkeit in ihrem Leben und in ihren Bewegungen* besitzen; und 4. dass für manche Bewegungen *ein Centrum* existiren müsse, *durch das dieselben in einen zweckmässigen inneren Zusammenhang gebracht* und in ihrer natürlichen Thätigkeit gehemmt oder unterstützt werden (willkürliche Bewegungen).

In letzterer Beziehung verdienen meines Dafürhaltens die *„Drehbewegungen“*, die bei allen von mir untersuchten Infusorien ohne Ausnahme unter ganz bestimmten Umständen eintreten, und die ich bereits unter den Wärmeerscheinungen genauer beschrieben habe, alle Beachtung [32]). Ich sah sie als constante Reactionserscheinung bei den meisten der angewendeten Agentien, wenn sie in starker Dosis oder lange Zeit ihre Wirkung entfalteten. Die raschesten Drehbewegungen waren die durch Temperaturerhöh-

---

[32]) Vor mir hat nur *G. Du Plessis-Gouret*: (De l'action des substances médicamenteuses sur les infusoires étudiée dans son application à la préparation et conservation de ces animalcules. Lausanne 1863) dieselben beobachtet, ohne die Sache aber, als seinem Thema fernliegend, weiter zu verfolgen: „avant de se rompre, ils font des bonds, des cercles, des spirales, avec une si prodigieuse vélocité, que leurs contours s'effacent comme les rayons de la roue d'un char rapidement lancé disparaissent à l'oeil“ (pag. 20) — und: „les infusoires ne tournent plus sur leur axe en faisant des spirales serrées, mais ils décrivent toujours plus lentement de grands cercles“ (p. 23).

ung, dann die durch Electricität, die langsamsten die durch Sauerstoffentziehung, Säuren, Alkalien, Alkohol und namentlich durch die Alcaloide bedingten. Leider gelang es mir bei den ersteren, den Wärmedrehbewegungen, wegen ihrer ungemein grossen Schnelligkeit nie, gleichzeitig die Bewegungen der contractilen Blase zu beobachten. Es wollte mich zwar bei Stylonychia oft bedünken, als sei die contractile Blase hochgradig ausgedehnt; ich meinte wenigstens an dem sich drehenden Thier stets einen grossen weissen Fleck in der Blasengegend zu sehen; eine sichere Constatirung aber gelang mir trotz aller Mühe unter normalen Verhältnissen nicht; nur ein einzigesmal sah ich bei 42^0 im letzten Moment vor der Auflösung noch eine letzte Contraction der contractilen Blase. Ich muss es daher dahin gestellt sein lassen, ob während der Drehbewegungen bei noch steigender Temperatur die Pulsschnelligkeit wächst, oder ob sie sich von dem von mir gefundenen Maximum an gleichbleibt; letzteres ist mir das wahrscheinlichere. Bei Wasserstoffatmosphäre dauerten die Drehbewegungen, wenn auch sehr langsam geworden, viel länger an, als die Contractionen der contractilen Blase, die immer schon längere Zeit gelähmt und dilatirt war; bei Alcaloid-Einwirkung war sogar der Eintritt der Drehbewegungen gleichzeitig dem Beginn der Blasenlähmung, und bei den schwächsten Verdünnungen derselben dauerten erstere stundenlang fort bei unveränderter Fortdauer der Lähmung. Während in normaler Flüssigkeit die Drehbewegungen nur bei einer Temperatur zwischen 37^0—40^0 entstanden, fand ich, dass sie bei Anwendung verschiedener Agentien in immer tiefere Temperaturen herabrückte.

Das Aufhören der willkürlichen zweckmässigen Bewegungen spricht dafür, dass alle Einflüsse, welche die Drehbewegungen hervorrufen, zuerst und vor Allem auf das Centrum, von dem aus Hemmungen oder Erregungen der localen Thätigkeit der Wimpern veranlasst werden können, lähmend wirken. Für die willkürlichen Bewegungen aber und für die Bewegungen der contractilen Blase kann nicht ein und dasselbe Centrum maasgebend sein, und wir dürfen nicht annehmen, der ganze Zellinhalt vielleicht sei dieses Centrum, weil die willkürlichen Bewegungen aufgehoben sein können, wo die Thätigkeit der contractilen Blase noch fortdauert.

Die Beobachtung zwingt uns daher, für diese niederen Organismen einen viel verwickelteren Bau anzunehmen, als es dem Anschein nach der Fall zu sein scheint. Wenn ich übrigens für die Bewegungen der Infusorien gewisse Centren annehme, so hebe ich ausdrücklich hervor, dass ich damit nicht sagen will, ganz bestimmte Gebilde hätten die Bedeutung von Mittelpunkten, z. B. der Kern (was aber nicht ausgeschlossen ist), sondern

nur, verschiedene Parthieen des Protoplasma spielten eine verschiedene Rolle und hätten eine verschiedene Empfindlichkeit. Wenn es *Kühne* nachzuweisen gelungen ist, dass Amoeben u. s. w. sich in ein Gemenge von Flüssigkeiten trennen können, die erst bei verschiedenen Temperaturen hinter einander gerinnen, so ergiebt sich aus meinen Beobachtungen entschieden eine im Leben vorhandene functionelle Differenzirung des Protoplasmà, sowie eine Stufenfolge hinsichtlich der Empfindlichkeit der einzelnen Protoplasmatheile, indem das den willkürlichen Bewegungen vorstehende Protoplasma die grösste Empfindlichkeit und geringste Widerstandskraft, das die rhythmische Thätigkeit regulirende eine geringere Empfindlichkeit, die geringste aber das den unwillkürlichen oder localen Bewegungen vorstehende Protoplasma besitzt. Es ist nur unter dieser Voraussetzung zu begreifen, wie man einzelne Functionen brach legen kann bei Fortbestand der anderen.

Durch die Betrachtung des Einflusses, welchen die verschiedenen Agentien und Arzneistoffe auf diese verschiedenartigen Bewegungen der Infusorien haben, erhielten wir eine Reihe von Vorstellungen über die Natur der zu Grunde liegenden Processe. Es ergaben sich vor Allem folgende allgemeine Gesetze:

1. *Sämmtliche Bewegungen* ohne Ausnahme können *nur bei Anwesenheit von Sauerstoff* ausgeführt werden, sei es, dass derselbe an die Zelle gebunden ist, oder von Aussen zugeführt wird. Mit abnehmendem Sauerstoffgehalt des umgebenden Medium werden alle Bewegungen immer langsamer und kraftloser und hören endlich ganz auf.

2. Durch *alle übrigen Agentien*, mögen sie heissen, wie sie wollen, *wenn sie in einer bestimmten stärkeren Intensität oder in einer bestimmten Concentration einwirken, werden alle Bewegungen aufgehoben.*

3. Zwischen dem Punkt, bei welchem die Agentien in Folge starker Verdünnung oder geringer Dosirung keine Alteration des Lebens und der Bewegung bewirken, und dem, wo sie in Folge stärkerer Concentrirung oder grösserer Dosirung das Leben und die Bewegungen augenblicklich zerstören, liegt ein *grösserer oder kleinerer Zwischenraum*, innerhalb dessen die Bewegungen eine Alteration in der Weise erfahren, dass sie *entweder beschleunigt oder verlangsamt* werden.

4. Die meisten der angewendeten Mittel (Wärme, Kochsalz, Zucker, Alkalien, Säuren, Alkohol, Elektricität) *heben alle Bewegungserscheinungen nur in Concentrations- oder Intensitätsgraden auf, die mit den Bewegungen zugleich das Leben durch Auflösung oder Gerinnung* der ganzen

Körpersubstanz *aufheben. Bei denjenigen ihrer Concentrationsgrade, die das Leben nicht zu zerstören vermögen, werden auch alle Bewegungserscheinungen des Körpers erhalten*; dieselben erfahren nur *entweder eine Verlangsamung oder eine Beschleunigung.*

5. Eine kleinere Reihe von Agentien hebt ebenfalls *alle* Bewegungserscheinungen nur mit der Zerstörung des ganzen Lebens auf; bei *Concentrations- oder Intensitätsgraden aber, bei denen das Leben erhalten bleibt, sistirt nur eine Klasse von Bewegungen, während die übrigen Bewegungen fortdauern.* Diese Reihe wird gebildet von dem Wasserstoff (d. i. der Sauerstoffentziehung) und den Alcaloiden. Bei diesen werden die contractilen Blasen gänzlich gelähmt, wo die Wimpern sich noch lange fortbewegen.

6. Nur Steigerung der Wärme innerhalb einer gewissen Gränze vermehrt die Schnelligkeit aller Bewegungen ohne Ausnahme. Alle übrigen Mittel wirken (innerhalb des in *4.* erwähnten Zwischenraums) *je nach Natur und Dosirung entweder bewegungsbeschleunigend oder — verlangsamend auf die eine Klasse von Bewegungsphänomenen, nämlich der Wimpern, dagegen stets verlangsamend auf die Contractionen der contractilen Blase.*

Mit den Alterationen der Bewegung geht Hand in Hand eine sichtbare Alteration des *Quellungszustandes* des ganzen Infusionskörpers. Dieser wird, wie wir gezeigt, überhaupt durch jede Veränderung der Flüssigkeit, in der die Thiere leben, beeinflusst; nur besteht unter den angewendeten Stoffen ein ungeheurer Unterschied hinsichtlich der Intensität der Wirkung. Während von Kochsalz eine Verdünnung von 1 : 200 nöthig war, um einen nennenswerthen Effect hervorzurufen, brauchte man von einer Säure nur 1 : 500, um schon viel hochgradigere Unterschiede der Quellung zu bewirken, von Strychnin gar nur 1 : 15000.

Primär schrumpfend wirkten concentrirte indifferente Flüssigkeiten (Kochsalz, Zucker), ferner Säuren. Nach eingetretenem Tode jedoch verfielen auch hier die Thiere in starke Aufquellung.

Primär aufquellend dagegen wirkten Sauerstoffmangel, Alkohol, Alkalien, Alkaloide, elektrische Stromschwankungen.

Auf die durch Wimperthätigkeit bedingten Körperbewegungen hatten diese Unterschiede der Schrumpfung und Quellung einen im Beginn beschleunigenden, später verlangsamenden Einfluss. Die Infusorien verhielten sich in dieser Beziehung, wie Flimmerepithelzellen, Samenkörperchen, weshalb ich die Angaben *Kölliker*'s, *Engelmann*'s u. s. w. für letztere Gebilde auch für die Infusorien einfach zu bestätigen habe.

Einen geraden Gegensatz aber zu dieser Reaction der Wimperbewegungen gegen die Veränderung des jeweiligen Quellungszustandes und einen fundamentalen Unterschied von diesen bilden die rhythmischen Zusammenziehungen der contractilen Blase. Für diese ist es ein ausnahmsloses Gesetz, dass *jede Aenderung des Quellungszustandes*, mag durch sie die Wimperbewegung beschleunigt oder verlangsamt werden, *die Zahl ihrer Contractionen vermindert.* Mag der Körper des Infusorium schrumpfen oder aufquellen, mag die contractile Blase ihren Durchmesser verkleinern oder vergrössern, immer tritt eine Verlangsamung der Pulsationen ein. Von allen einwirkenden Agentien ist es einzig und allein die Erhöhung der Temperatur, welche eine Vermehrung der Pulsationen zu bewirken im Stande ist, relativ auch innerhalb der Wirkungssphäre von Stoffen, welche sowohl die Wimper-, wie die Blasenbewegungen verlangsamen. Es erreichen daher die Contractionszahlen der contractilen Blase nur in der normalen Quellflüssigkeit, in der die Thiere leben, ihre höchste Höhe. Jede Aenderung der normalen Lebensbedingungen, mit Ausnahme der Temperatursteigerung, drückt die Schnelligkeit der Blasenbewegungen herab.

Alle Erklärungen daher, die man für die Beschleunigung und Verlangsamung der Wimper- und Flimmerbewegungen aus den Aenderungen ihres Quellungszustandes ableiten kann und ableitete — die leichtere Verschiebbarkeit der Moleküle bei beginnender Quellung als Erklärung für die Beschleunigung der Bewegungen; die Vermehrung der Cohaesion, die geringere Verschiebbarkeit der Moleküle bei Schrumpfung als Erklärung für die Verlangsamung [33]) — passen entschieden nicht für die rhythmischen Bewegungen der contractilen Blase. Die Intensität des Processes, der diesen zu Grunde liegt, wird durch jede Veränderung des endosmotischen Vorgangs geschwächt, mit Ausnahme der durch Wärmezunahme etwa bedingten Veränderung.

Ueber ein gewisses Mass hinausgehende Aufquellung wie Schrumpfung hebt das Leben der Infusorien auf. Die Aufquellung charakterisirt sich durch ungemeine Zunahme des Volumens, Abrundung der Form des Körpers, Austreten von hellen Blasen, die oft die doppelte Grösse des Körpers erreichen. Das Ende ist stets *Auflösung.* Es muss hervorgehoben werden, dass hohe Wärmegrade, die nach *Kühne*, *Engelmann* u. s. w., und auch nach meinen Beobachtungen bei Rhizopoden, Amoeben, Flimmerepithelzellen immer Starrezustände hervorrufen, bei einer grossen Reihe von Infusorien rasche Auflösung bewirken, und zwar nicht nach vorausgegangener Gerinnung, sondern unmittelbar aus dem Leben

---

[33]) *Engelmann*, l. c. p. 142.

heraus. Ich habe bereits oben angeführt, dass, während ein Theil des Körpers sich bereits aufgelöst hat, der andere Theil in dem Moment vor seiner eigenen Auflösung noch seine gewohnten Bewegungen fortsetzt. Stylonychia und Euplotes verfallen einer solchen Auflösung ausnahmslos, und zwar unmittelbar nach der letzten Bewegung. Die ganze Körpermasse, die Randschicht, die Wimpern, Borsten u. s. w. gingen bis in die kleinsten Theile auseinander, so dass keine Spur der ursprünglichen Form erhalten blieb. An ihrem Platz sah man dann formlose Häufchen kleiner, runder, heller Bläschen, Kerne, Körperchen mit molekulärer Bewegung liegen. Erst nach einiger Zeit bemerkte man an den hellen Bläschen eine zunehmende Trübung, d. i. Gerinnung. In ganz ähnlicher Weise trat Auflösung ein bei längerem Aufenthalt in einer Wasserstoffatmosphäre, bei Alkali- und Alkaloidzusatz, bei Einwirkung von Kohlensäure unter gleichzeitiger Sauerstoffentziehung, durch starke elektrische Ströme. Eine andere Reihe von Infusorien zeigt allerdings eine grössere Resistenz; die Chilodon z. B. lösten sich nicht auf, sondern behielten selbst bei starker Aufquellung ihre zusammenhängenden Körperform bei.

Die vorausgehende ungemein hochgradige Aufquellung des Körpers auf Zusatz vieler Agentien, wobei derselbe seine Consistenz fast ganz einbüsst und bei Erschütterung förmlich in Schwanken geräth, weist darauf hin, dass das Protoplasma durch jene Mittel in einen Zustand übergeführt worden ist, in dem es sich lösen kann. Diese Verflüssigung des Protoplasma hat nun allerdings nichts merkwürdiges bei der Einwirkung z. B. der Alkalien, wohl aber bei der höherer Temperaturgrade, die bei anderen Organismen, wenn sie auf dieselben in gleicher Intensität wirken, zur Gerinnung führen. Wir haben gefunden, dass Temperatursteigerung die weniger widerstandskräftigen Infusorien auflöst und erst später bei fortdauernder Erhöhung die gelöste Masse zur Gerinnung bringt; dass bei resistenteren Infusorien, die nicht zerfallen, unmittelbar nach Aufhören der Bewegungen keine Gerinnung des Inhalts wahrnehmbar ist, sondern erst einige Zeit später. Wenn ich bei letzteren in dem Augenblick, wo alle Bewegungen erloschen, die Temperatur wieder sinken liess, gelang es mir nie mehr, eines von diesen Thieren wieder zum Leben erwachen zu sehen. Es steht daher der Annahme nichts entgegen, dass das Protoplasma der Infusorien zur Gerinnung einer höheren Temperatur bedarf, als das Protoplasma z. B. der Amoeben, dass ersteres im Gegentheil bei einer Temperatur, wo die Amoebe gerinnt, sich auflöst. *Engelmann*[34]), der selbst wahrgenommen hat, dass der durch manche Einflüsse bedingte Stillstand der Bewegung häufig

[34]) l. c. p. 145.

früher eintritt, als eine optische Veränderung an den Zellen und Cilien wahrnehmbar ist, wies darauf hin, dass Eiweissmassen im ersten Stadium der Gerinnung vollkommen durchsichtig erscheinen können. Bei obigen Infusorien aber muss man wohl die Annahme fallen lassen, als ob ihr Protoplasma in einen durchsichtigen Gerinnungszustand gefallen sei, weil eine gerinnende Masse stets das Bestreben zeigt, ihre frühere Form zu erhalten und nicht auf die oben angegebene Weise auseinander fallen könnte. Angesichts dieser Thatsachen bin ich daher berechtigt, *Gerinnung als Grund für das Aufhören der Bewegung bei hohen Wärmegraden nicht durchgehends gelten zu lassen.*

Die Beziehungen zwischen *Quellungszustand* und *Bewegung,* welche wir bei Einwirkung der Alkalien, Säuren und indifferenten Stoffe auffanden, sind sonach folgende:

Mässige Aenderung des Quellungszustandes vermehrt, stärkere vermindert die Bewegungsschnelligkeit der Wimpern.

Die Zahl der Contractionen der contractilen Blase wird durch jede Aenderung des Quellungszustandes herabgesetzt.

Jede Aenderung des Quellungszustandes, welche die Beweglichkeit der Wimpern aufhebt, vernichtet auch die Contractilität der contractilen Blase.

Ganz verschieden von den durch obige Stoffe bedingten Erscheinungen, aber sehr ähnlich unter einander sind die Erscheinungen, welche bei *Sauerstoffentziehung* und bei Einwirkung der *Alkaloide*[35]) auftreten: die Lähmung und enorme Dilatation der contractilen Blase, die langsamen Drehbewegungen und die starke Aufquellung und endliche Auflösung des Körpers, die alle bei Sauerstoffentziehung nur langsamer eintreten als bei Alkaloideinwirkung. Dass es bei Sauerstoffentziehung längere Zeit dauert, bis dieselben sich zeigen, als bei der Einwirkung der Alkaloide, kann seinen Grund nur darin haben, dass wir nicht im Stande sind, den an das Protoplasma selbst gebundenen Sauerstoff durch Wasserstoffein-

---

35) Die auffallenden Wirkungen der Alkaloide hat vor mir ebenfalls schon *G. du Plessis-Gouret* (l. c. p. 45), wie ich allerdings erst nachträglich sah, beobachtet: „ils font déerire aux infusoires de grands eercles et de plats, qu'ils étaient ils deviennent ronds et vésieuleux — — une autre propriété générale très intéressante, c'est que presque tous font énormément dilater les vésicules eontractiles et en retardent les eontractions.“ Doch ging *du Plessis* aueh hier auf den Gegenstand nieht näher ein; die dureh Atropin bewirkte Blasenerweiterung erinnerte ihn nur an die durch dasselbe Agens bewirkte Erweiterung der Pupille. Mit Wasserstoff hatte er keine Untersuchungen gemacht. Nieht riehtig ist übrigens seine Angabe, dass die Alkaloidsalze: „très bien convenir aux ciliés non striés“.

leitung rasch zu entfernen. Diese auffallende Uebereinstimmung der Erscheinungen der Alkaloidwirkung und Sauerstoffentziehung legt aber nahe *als Grundwirkung der Alkaloide eine Aufhebung der Oxydationsfähigkeit des Protoplasma anzunehmen.* Denn sämmtliche von mir angewendeten Alkaloide hatten ein und dieselbe, nur in Hinsicht auf ihre Intensität verschiedene Wirkung und entfalteten sie in einer z. B. bei Strychnin colossalen Verdünnung. Interessant ist, dass, wie bei höheren Thieren, so auch bei den Infusorien eine verschiedene Resistenz unter den verschiedenen Species sich bemerklich macht.

Bei der Wichtigkeit obiger Thatsachen für die Lösung der Frage nach der eigentlichen Alcaloidwirkung war es mir von grossem Interesse, für meine Annahme sprechende Beobachtungen auch in einer Untersuchungsreihe *Harley*'s[36]) über die Einwirkung des Strychnin auf das Blut zu finden. Es fiel *Harley* auf, dass mit Strychnin vergiftete Hunde alle Erscheinungen von Thieren darboten, die aus Mangel einer hinreichenden Menge Luft gestorben sind, auch wenn durch Unterhaltung künstlicher Respiration ein reichlicher Gaswechsel in den Lungen ständig unterhalten wurde. *Harley* schloss, diess müsse entweder daher kommen, dass der Sauerstoff von den Lungen aus entweder nicht vom Blute aufgenommen, oder nach der Aufnahme nicht assimilirt werde. Für letztere Annahme führte er die Resultate einiger in Heidelberg gemachter Experimente an, aus denen hervorging, dass Strychnin und Brucin die Eigenthümlichkeit haben, die Fähigkeit der Blutbestandtheile, Sauerstoff aufzunehmen und Kohlensäure abzugeben, sehr herabzusetzen. Als *Harley* eine Quantität frischen Kalbsblutes mit Luft so lange schüttelte, bis das Blut ganz mit Sauerstoff gesättigt erschien, es hierauf in ein graduirtes Glasgefäss mit gleichen Theilen Luft brachte, das Gefäss hermetisch verschloss, Blut und Luft öfter durcheinanderschüttelte und das Ganze 24 Stunden in gemässigter Temperatur aufbewahrte, ergab die eingeschlossene Gasmasse, wenn sie nach *Bunsen*'s Methode analysirt wurde, folgende Zusammensetzung. Auf 100 Theile kamen

Sauerstoff . .	11,33
Kohlensäure .	5,96
Stickstoff . .	82,71
	100,00

---

[36]) *G. Harley*: Notes of three lectures on the physiological action of Strychnia. The Lancet. June 7 et June 14. 1856.

Setzte er dagegen einer zweiten Portion desselben Blutes 0,005 Gramme Strychnin zu, so hatten bei obiger Behandlung nach 24 Stunden 100 Theile Luft folgende Zusammensetzung:

Sauerstoff . .	17,82
Kohlensäure .	2,73
Stickstoff . .	79,45
	100,00

Vergleicht man die Resultate der ersten Analyse mit der Zusammensetzung der gewöhnlichen Luft, wie sie in das Gefäss gebracht worden war:

Sauerstoff . .	20,96
Kohlensäure .	0,002
Stickstoff . .	79,038
	100,000

so sieht man, dass 9,63 Sauerstoff verschwanden und 5,96 Kohlensäure auftraten, während von letzterer vorher doch nur eine Spur gefunden wurde. Im zweiten Experiment, wo Strychnin in das Blut gekommen war, verschwanden nicht mehr als 3,14 Sauerstoff, und hatten sich nur 2,73 Kohlensäure gebildet.

Hierher gehört auch eine Mittheilung von *Binz*[37]). Wenn er wässrigen Auszügen der Blätter von Leontodon taraxacum und Lactuca sativa chlorwasserstoffsaures Chinin zusetzte, so trat durch Quajac-Tinctur entweder keine Ozonreaction mehr ein oder zeigte sich doch erheblich gemindert, während ohne Chininzusatz hiebei immer eine intensive Ozonreaction erhalten wird (*Schönbein*). Fast gleichen Einfluss sah *Binz* von salpetersaurem Strychnin, von Morphin- und Atropinsalzen. Er gibt als Grund dieser Vorgänge an, dass das Alcaloidsalz den Sauerstofferreger der vegetabilischen Substanz chemisch verändert und ihn in feinen, sehr bald nach dem Mischen sichtbaren Flöckchen niederschlägt. Allerdings hat die Reaction der Quajactinctur auf Ozon durch neuere Untersuchungen z. B. von *Schrönn* viel von ihrer Beweiskraft verloren, da auch andere Stoffe, z. B. Ammoniak in gleicher Weise die Quajactinctur verändern.

Sind vorliegende Untersuchungen im Stande, uns über die Grundursachen der rhythmischen Thätigkeit der contractilen Blase, über die Natur des die Contractionen bewirkenden Vorgangs (des Reizes) aufzuklären?

---

[37]) Centralblatt für die medicinischen Wissenschaften 1868. Nr. 31. p. 481.

Für die Beantwortung dieser Frage gruppiren sich die Resultate meiner Beobachtungen, wie folgt:

Zum Zustandekommen der rhythmischen Thätigkeit der contractilen Blasen ist Sauerstoff unbedingt nothwendig. Es bleibt aber die Frequenz der Contractionen die gleiche, ob die Thiere in atmosphärischer Luft oder in reinem Sauerstoff leben. Zu starke Herabsetzung des Sauerstoffgehalts des umgebenden Mediums vermindert die Zahl der Contractionen; bei vollständigem Sauerstoffmangel hört die Contractilität ganz auf. Nur die zunehmende Temperatur beschleunigt die rhythmischen Bewegungen; alle anderen Agentien (Säuren, Alkalien u. s. w.) verlangsamen oder vernichten dieselbe. Die Zahl der Contractionen nimmt auch ab, sowohl wenn der Durchmesser der contractilen Blase durch die in ihr sich ansammelnde Flüssigkeit verkleinert, als auch, wenn er vergrössert wird.

Daraus ist ersichtlich, dass weder das Vorhandensein, noch das Fehlen des Sauerstoff, weder Ueberschuss noch Mangel desselben als Reiz für die rhythmische Thätigkeit betrachtet werden dürfen; dass aber auch weder Säuren, noch sonstige Stoffe, noch die Spannung der in der contractilen Blase sich ansammelnden Flüssigkeit als Reize dienen, sondern im Gegentheil lähmend oder schwächend auf die rhythmische Thätigkeit einwirken.

Da nun der *Reiz* unter *Anwesenheit des Sauerstoff* zu Stande kommt, dieser jedoch nicht selbst als Reiz betrachtet werden darf; da ferner der Reiz nur bei *Steigerung der Temperatur rascher* und in grösserer Häufigkeit eintritt: so kann die folgende Hypothese zur Lösung wenigstens eines Theils der schwierigsten Fragen in Betracht gezogen werden.

Die rhythmischen Bewegungen der contractilen Blase sind Folge von Oxydationsvorgängen in dem Protoplasma.

Der Moment des Oxydationsvorgangs ist der die Contraction bedingende und zu Stande bringende Reiz.

Die Möglichkeit der Oxydation hängt ab zunächst von der Beschaffenheit des Protoplasma selbst und von der Menge der in demselben vorhandenen oxydationsfähigen Stoffe, sodann von der Grösse der Sauerstoffzufuhr.

Diese Oxydationsfähigkeit des Protoplasma wird erhöht durch Steigen, erniedrigt durch Sinken der Temperatur, ganz aufgehoben durch die Alcaloide.

Die Grösse der Sauerstoffaufnahme wird vermehrt durch Steigen, vermindert durch Sinken der Temperatur, sowie durch jede Aenderung des endosmotischen Vorganges.

Eine Vermehrung der Sauerstoffaufnahme kann nur dann beschleunigend wirken, wenn für die grössere Menge Sauerstoff auch hinlänglich oxydirbare Stoffe vorhanden sind.

Es resultirt daher die Schnelligkeit der rhythmischen Bewegung im normalen Zustande von der Menge der oxydirbaren Stoffe, des Sauerstoffs und der Höhe der Temperatur.

Jede Oxydation setzt ein Oxydationsprodukt (Säure); sobald dieses gebildet ist, hört der Reiz auf.

Oxydationsvorgang und Oxydationsprodukt sind sonach die nothwendig wechselnden Ursachen der rhythmischen Bewegung, der abwechselnden Zusammenziehung und Ausdehnung.

Ob und wie alle oben mitgetheilten an den niedersten Organismen gefundenen Gesetze auch Geltung für die höheren Organismen haben, und in wie weit umstehende Hypothese durch andere Thatsachen unterstützt werden wird, das zu beantworten wird die Aufgabe weiterer Forschungen sein.

* * *

Die vorausgehenden Versuche wurden im zoologisch-zootomischen Institut der Universität Würzburg ausgeführt. Ich hatte mich hiebei der zuvorkommendsten Unterstützung des Herrn Professor *Semper* zu erfreuen.

Würzburg, 28. October 1871.

Erklärung der Abbildungen.

(Taf. I.)

(1—6.) *Amoeba:* 1. u. 2. Die contractile Blase im Maximum ihrer Dilatation kurz vor der Entleerung. 3. Die äussere Wand der contractilen Blase ist geplatzt und der Inhalt wird nach Aussen entleert. Die punktirten Linien zeigen die allmählige Verkleinerung der c. Bl. an. 4. Aussendung eines Fortsatzes an der Stelle der unmittelbar vorher entleerten Blase. 5. u. 6. Bildung neuer Bläschen.

7. *Stylonychia pustulata* im Zustand der Aufquellung, Blasenlähmung und hochgradiger Dilatation nach Strychninzusatz.

8. *Euplotes Charon* unter denselben Verhältnissen wie 7.

Erklärung der Curventafel.

(Taf. II.)

I. Temperaturcurven von Euplotes Charon.
II. „ „ „ Stylonychia pustulata.
III. „ „ „ Chilodon cucullulus.
IV. „ „ „ Vorticella.

Die in oberster Reihe stehenden Zahlen bedeuten die Temperaturgrade, die seitlich herunterziehenden die in Secunden ausgedrückten Zeitabstände von einer Contraction zur andern.

Druckfehler.

S. 6 Zeile 13 v. oben lies statt grösserer Kern — grösseres Korn.
S. 11 Zeile 11 v. unten lies statt schwächlichste — schwächste.
S. 15 Zeile 2 v. unten lies statt noch — selbst.

1.

4.

2.

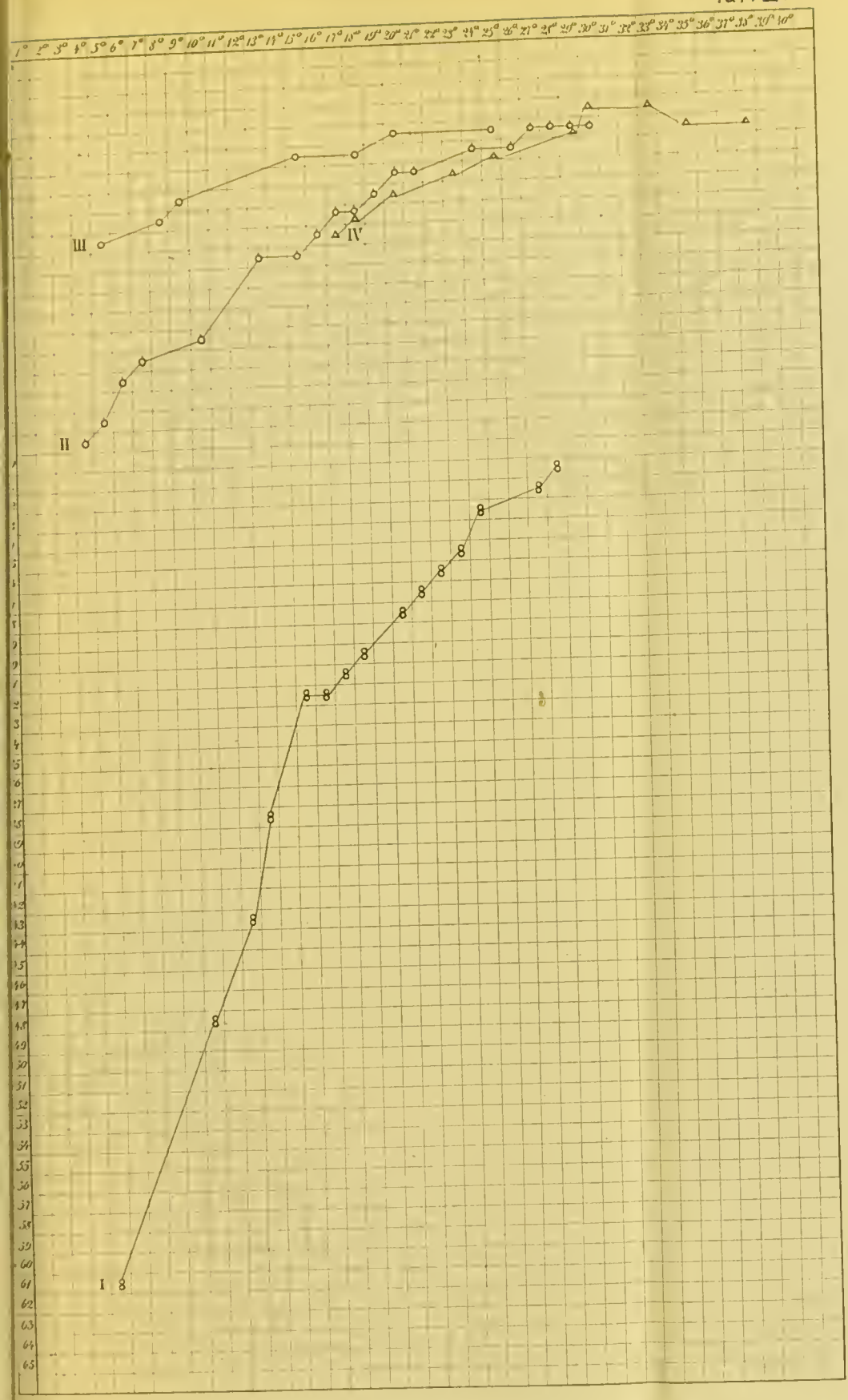
5.

8.

3.

6.

Taf. II.



Bossbach del.